

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

第三名

080312

我不是蟑螂！別再嫌我髒—潮間帶奇異海蟑螂

Ligia exotica 之食性及生物學研究

學校名稱：基隆市中正區八斗國民小學

作者：	指導老師：
小六 余易紘	陳昇祿
小六 林昕如	林育任
小六 葉幸芸	
小六 林晉禾	

關鍵詞：奇異海蟑螂、食性、與水關係

說明書內文

作品名稱：我不是蟑螂！別再嫌我髒——潮間帶奇異海蟑螂 *Ligia exotica* 之食性探討及生物學研究

摘要（300字以內含標點符號）

本研究深入探討奇異海蟑螂（*Ligia exotica*）的生物學特徵及食性行為。從出生到成熟需經歷約18次退殼，耗時約200天。其繁殖行為極具特點：雄性找到即將退殼的雌性個體進行交疊，一旦雌性退「後段」殼，雄性便開始進行多次交尾，接著雌雄分開，雌性便會退去「前段」殼以便於抱卵，抱卵大約需20天。

此外，奇異海蟑螂並非潮間帶的清潔者，雖然單一食物情況下少量攝食腐屍，但並無有效機制能找到腐敗屍體，且在周圍有濕綠藻情況下，會以綠藻為食。此類海蟑螂通常棲息於高潮帶的潮濕岩石下，受到濕度、綠藻分布及潮水變化的影響，活動範圍隨之變化，冬季高潮帶潮濕且綠藻豐富，較少移動位置；但夏季時高潮帶綠藻乾死，會迫使海蟑螂在退潮時往中低潮帶移動。

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

一、研究動機：

在潮間帶常常會見到成千上萬的海蟑螂在石頭上，靠近牠們時，一下子又全部不見了，牠們為什麼要停在石頭上呢？是在找東西吃嗎？有沒有季節性呢？是不是跟蟑螂一樣又臭又髒呢？有些資料上說海蟑螂可以清理潮間帶的各種碎屑有機質，真的是這樣嗎？為了解開這些謎團，我們展開一連串對奇異海蟑螂食性與各種行為的研究。

二、研究目的：

- (一) 探究奇異海蟑螂之成長與繁殖行為(1.退殼成長，2.繁殖行為，3.繁殖季)；
- (二) 探究奇異海蟑螂之攝食行為(1.食物的乾溼，2.是否攝食腐敗屍體，3.是否為清潔者，4.如何找到食物)；
- (三) 探究奇異海蟑螂與水的關係(1.是否入水，2.水中危機，3.躲藏位置與水關係，4.因水漲退而移動，5.野外移動與水關係)。

三、文獻回顧：

★全國科展：

1. 22屆全國科展，嘉義東石國小”校園旁的海蟑螂”中除了提到海邊校園內水溝裡有大量海蟑螂之外，也進行了退殼實驗，指出退殼間隔約20天，另外對於海蟑螂在陸地上與水中的呼吸次數做了比較，每分鐘在空氣中約100次，在水中則高達120-170次。同時也對海蟑螂繁殖進行了部分觀察與實驗，不過他們提出了幾個有待釐清的問題，例如海蟑螂顏色似乎會隨環境改變、剛出生海蟑螂排水與擠水前將後半部抬起，並停在空中再放下，是何作用？
2. 21屆全國科展，澎湖馬公國中”海蟑螂的生態探討”中提到海蟑螂嗅覺極不發達，完全以視覺與觸覺來行動，喜歡陰暗，對顏色沒有特別喜愛，同時也進行了食性測定，指出海蟑螂是廣食性，且攝食蛋黃存活較久，但也僅只是一星期的時間，關於退殼，裡面提到當溫度升高時，蛻殼次數增加，改變環境，如隔離到小燒杯，可刺激退殼激素，而促使牠們加速退殼。

3. 26屆全國科展，台北市萬華國中”會變色的海蟑螂”中提到海蟑螂在不同環境下，會因為黑色素擴散(體色變深)與聚集(體色變淺)而改變顏色，在黑色、紅色、綠色及藍色環境下，黑色素容易擴散，體色較深，反之，在白色、黃色環境下，細胞內的黑色素縮成小點，因此體色較淡。不過這份報告中並沒有提到，海蟑螂停在深色岩石上，是否體色就變深，停在淺色岩石上，體色就變淡，這部分其實更有探討價值。

★國內論文：

1. 吳明澤。2019。台灣產海蟑螂形態測量分析與分子親緣。國立中興大學生命科學系研究所論文。

報告中提到目前台灣有三種海蟑螂，一般常見種是奇異海蟑螂(*Ligia exotica*)，全台灣各地海岸皆可見到，第二種為台灣海蟑螂(*L. taiwanensis*)，其分布侷限在恒春半島港口溪流域，生活於淡水溪流，為台灣特有種。這份研究並發現了第三個物種(*Ligia sp.*)，分布範圍也僅在高雄、屏東岩岸。由這份文獻可以確認我們實驗的物種為奇異海蟑螂。另外針對食性部分，海蟑螂為雜食性動物，取食海藻及動物屍體，包括海蟑螂的屍體(個人觀察)，*L. pallasii*亦會取食矽藻、石蓴(*Ulva*)、浒苔(*Enteromorpha*)，及動物屍體、昆蟲幼體、海蟑螂屍體，不喜歡維管束植物，天敵為蟹類(Carefoot, 1973)。在繁殖上，海蟑螂的生殖，為體內受精，雌體具有孵育囊(brood pouch)，雌體脫完殼後，雄體會在這時與雌體交配，因為這時雌體的殼會變軟，有利於雄體生殖器的作用。

2. 張維宸。2013。比較台灣港口和非港口奇異海蟑螂(*Ligia exotica*)之族群遺傳概況。國立中山大學生物科學系研究所論文。

報告雖然主要探討港口與非港口奇異海蟑螂(*Ligia exotica*)族群遺傳分化現象，不過也提到奇異海蟑螂的基礎生物資訊，不能長時間待在水中，也不能完全脫離海水，加上海蟑螂特殊的生殖方式及無蛻蟬之幼期，使牠們的活動範圍更為侷限，因而可能造成台灣沿海的海蟑螂族群遺傳分化。

★其他相關：

1. 余易紘等。2024。潮間帶清道夫—奇異海蟑螂 *Ligia exotica* 之生態與行為探討。第十二屆「吳鄭秀玉女士黑潮獎助金」「海洋計畫科展類」計畫申請書。

雖然只是一份未完成的計畫書，大部分實驗都沒有完成，但內容中有提到奇異海蟑螂退殼成長及抱卵行為的部分過程，同時也提到海蟑螂攝食行為，值得我們做參考。

★ 奇異海蟑螂分類階層：

Kingdom Animalia 動物界

Phylum Arthropoda 節肢動物門

Class Malacostraca 軟甲綱

Order Isopoda 等足目

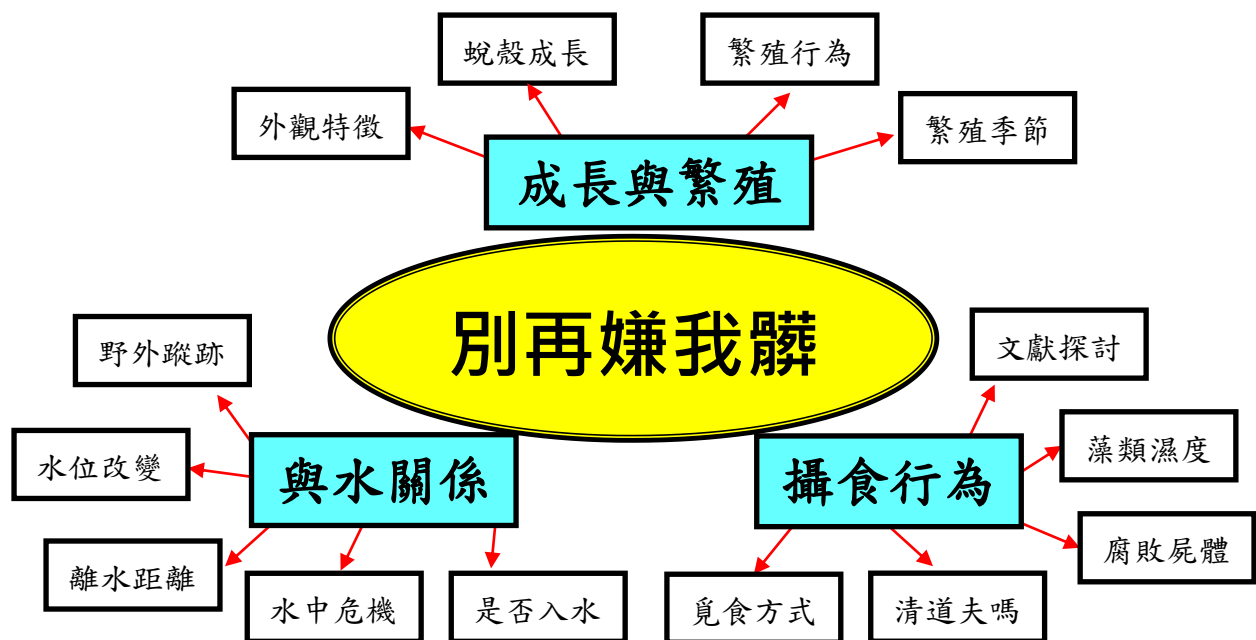
Family Ligiidae 海蟑螂科

Genus *Ligia* 海蟑螂屬

Ligia exotica 奇異海蟑螂

貳、研究設備及器材

- 一、實驗室飼養與實驗用容器(30公分水族箱數組、80公分壓克力大魚缸、120公分大魚缸、3D 列印不透光管子供躲藏、檯燈、海水儲存箱10個)
- 二、攝影記錄組(一般攝影機、縮時攝影機、相機、腳架)
- 三、攝食實驗(3D 列印碟子、天然岩石、藻類、不同生物屍體、加工食物…)
- 四、繁殖、成長實驗(透明碟子、中型飼養箱)
- 五、群體行為實驗(大型魚缸、潮間帶石塊)
- 六、野外採集與調查(寶特瓶誘捕陷阱、透明觀察盒、大型淺盆子)



※ 研究實驗概念圖 (本圖由作者製作)

參、研究方法與研究結果

一、成長與繁殖：實驗1-1 外觀特徵 (作者進行實驗並拍攝照片)

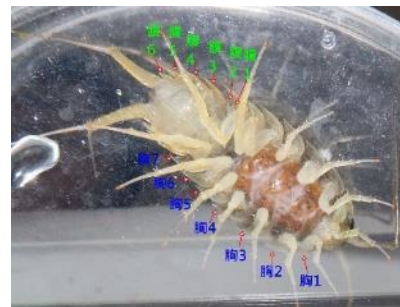
◇結果：(照片由作者及老師拍攝作者編輯)



◎海蟑螂背面—雄性



◎海蟑螂背面—雌性



◎胸7節/腹6節



◎海蟑螂腹面—雄性



◎海蟑螂腹面—雌性



◎雄性海蟑螂

此照片由老師拍攝

1. 奇異海蟑螂頭部有一對複眼，一對觸鬚，身體共有十三節，其中胸部七節，腹部六節。七對步足分別在胸部的七節。尾部腹面有12塊薄膜，是呼吸器官，末端有一對長”尾肢”。
2. 雌雄個体外觀極為相似，最大差異在公的腹部有一對交尾針。

◆討論：(作者進行實驗並拍攝照片)

1. 有些文章中提到，雄性背部會有小藍點，但這並不是很準確的判別依據，在我們每月野外觀察與室內飼養中發現，很多雌性個體背部也有小藍點，有些雄性背部小藍點很不明顯，我們也曾懷疑雄性似乎背部體色有偏黃的趨勢，但後來發現一些抱卵的雌性個體也有類似特徵，因此最準確的判別還是要看雄性的交尾針。(作者進行實驗，照片由老師拍攝再由作者編輯)



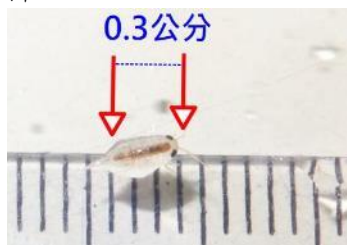
◎雄性偏黃且有小藍點 ◎雌性有小藍點個體 ◎雌雄小藍點都不明顯 ◎偏黃雌性個體

一、成長與繁殖：實驗1-2 退殼成長(作者進行實驗，照片由老師拍攝再由作者編輯)

★動機:雖然全國科展中，有幾件類似的實驗，但其實是30幾年前的報告，我們發現事實上並不完全如同報告所說的一樣，每20天退一次殼那麼單純(黃坤泉等四人。1982)，因此我們決定利用更多的樣本、花更長的時間，精確的記錄牠們退殼時間，以及退殼後的體長變化，希望可以更精確知道海蟑螂退殼成長的關聯性。

☆方法：1. 潮間帶採集抱卵海蟑螂，再以剛孵化出來的小海蟑螂來進行實驗，由於小海蟑螂很容易死亡，因此每一缸會放同一批出生的海蟑螂，約5-10隻，每週固定測量體長。

2. 為避免同一批出生的代表性較低，因此選用10組不同批出生的小海蟑螂來進行實驗，最後再以記錄較完整的個體來進行分析。



(作者進行實驗，照片由老師拍攝再由作者編輯)

◎調查區域的位置(東北角大坪潮間帶) ◎ 測量體長並拍照記錄

◇結果：1. 海蟑螂確實會退殼，且在退殼後，體長都會有些許的成長(圖1-1-1、圖1-1-2)。
2. 即使是同一批卵，每一隻的退殼成長也不會一樣。

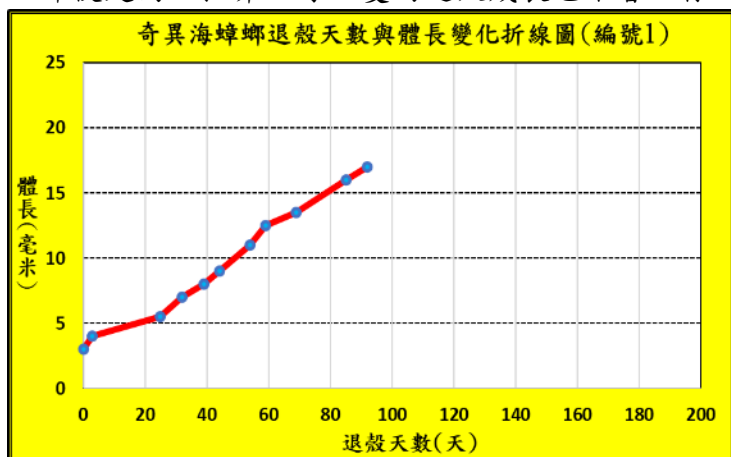


圖1-1-1退殼天數與體長增加圖(編號1)

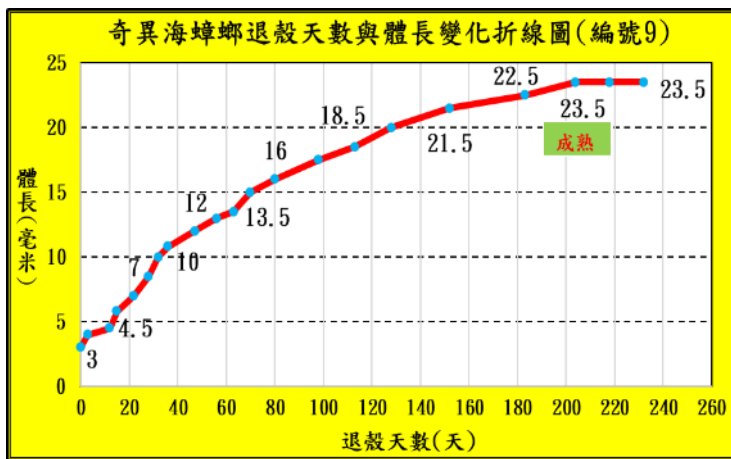


圖1-1-2 退殼天數與體長增加圖(編號9)

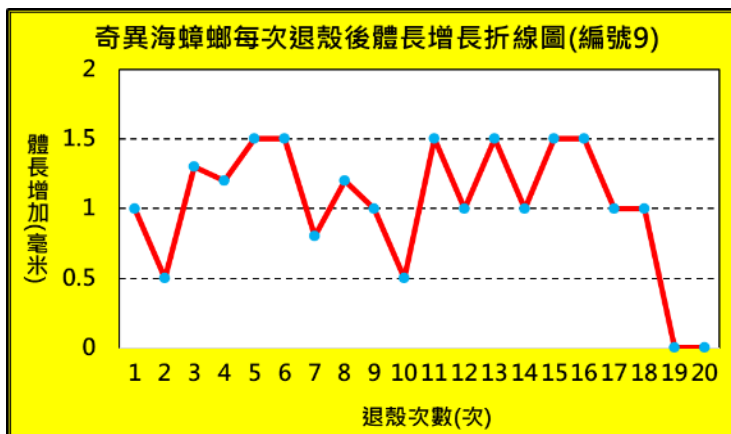


圖1-1-3 退殼次數與體長增加圖(編號9)

編號9(113/9/3產出)成長情形：(作者進行實驗並拍攝照片)



◆討論：

1. 余等(2024)實驗計劃書中，僅提到海蟑螂退殼成長，但並沒有完整的成長記錄(僅92天)。在我們最新的實驗中，我們不但記錄了**奇異海蟑螂從出生到成熟的完整過程**，並發現每次退殼的間隔天數並沒有很一致，短的5-7天，長的10-15天，甚至可能超過20天，並非如之前報告講的約20天(黃等。1982)，會短很多，特別是在還沒成熟以前的階段，此時海蟑螂的退殼成長其實是快速而頻繁的，但當接近成熟體長時，牠們的退殼間隔便會拉長(圖1-1-2)。
2. 飼養的雄性個體在204天第18次退殼後(23.5mm)，與另一雌性個體23mm(114/2/1加入，體長都沒改變，當時應該已成熟)，出現交尾抱卵，表示雄性個體從出生到成熟約略會經過18次退殼，體長23.5mm 便已達成熟，而分別在14天及28天後，又再次退殼(第19、20次)，但並沒有增長體長(圖1-1-2)，野外雄性個體有些比這個大很多，有的甚至超過30mm，可能會有個體間的差異，有的大有的小，但都已成熟，雖然完整樣本數只有一個(原本有10個)，但這已經是很大的突破，可以較清楚了解到牠們約略的成長歷程，至於雌性個體的成熟體長則可能更小(記錄最小抱卵雌性個體為20mm)。
3. 每次退殼後增加的體長並沒有明顯的趨勢，普遍落在10~15mm 之間，並不會因是前面幾次退殼或後面幾次退殼，退殼後的體長變化就會長得比較多或比較少。
4. 透過抱卵雌性個體體長量測(50隻)，成熟雌性個體大小不完全一樣最小僅有20mm，最大則可以達28mm(圖1-1-3)，至於雄性個體，野外實際測量最大體長可達36mm，明顯比雌性個體大，這可能與繁殖時的行為有關，交疊時，雄性個體必須有很長一段時間(1-2天)疊在雌性上方，較大的個體可以不必壓在雌性個體上，也可以有效捉住雌性。

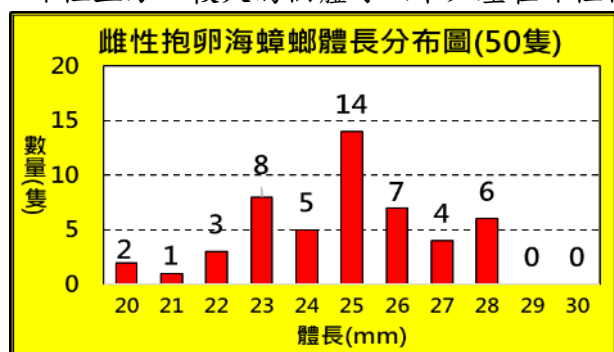


圖1-1-3 抱卵海蟑螂體長分布圖

5. 21屆全國科展，澎湖馬公國中”海蟑螂的生態探討”中提到退殼，當溫度升高時，蛻殼次數會增加，我們雖沒有進行相關實驗驗證(時間不足)，但確實是值得再探討的，因為如果新世代是在9月出生(如我們記錄兩百多天的個體-編號9，圖1-1-2)，退殼頻率似乎隨著體長增長而略微下降，也就是越往冬天退殼頻率越低，年幼的個體退殼頻率會高一些，到隔年春夏會達成熟，此時退殼頻率應該會更低，也就是說，**春夏溫度雖高，但剛好是海蟑螂已達成熟階段，退殼頻率不見得會增加；反之，如果是春夏出生的個體，幼年期剛好遇到夏天，退殼頻率勢必高，到秋冬成熟了，退殼頻率便降低。**
6. 過程中，確實發現，海蟑螂採取兩段式退殼，先退後半部，隔天才會再退前半部，剛退完時，體色較淡。(作者進行實驗並拍攝照片)



◎先退後半部



◎隔天再退前半部

一、成長與繁殖：實驗1-3 繁殖行為(作者進行實驗並拍攝照片)

★動機:雖然不少書籍都有提到海蟑螂卵胎生的生殖方式，不過很少有完整記錄繁殖過程的報告，雌雄交疊在做甚麼？要交疊多久？雌性抱卵多久會孵化？

☆方法：

1. 採集較大體型海蟑螂，確認都沒有抱卵的情況下，每天觀察是否有抱卵個體出現，若有便隔離飼養，每天記錄卵的變化狀況。
2. 交尾行為：飼養箱中觀察是否有交疊個體，若有發現，立即隔離飼養與觀察，記錄交疊多久後開始抱卵(10組)，選擇兩組做24小時錄影，記錄實際交尾過程。
3. 抱卵與孵化：確認抱卵的雌性海蟑螂，每天觀察並記錄卵的變化狀況。(10組)
4. 再繁殖實驗：當抱卵海蟑螂完全排出幼子之後，選擇一隻成熟雄性海蟑螂，兩隻獨立飼養，每天觀察雌性海蟑螂腹部變化(5組)。
5. 繁殖季：野外——每個月野外調查，隨機採集約200隻海蟑螂，清點有幾隻是有抱卵個體，預計進行一年。實驗室——每月檢驗實驗室飼養個體(約100隻)，確認抱卵個體數量。



◎搬石頭採集海蟑螂



◎利用透明盒確認抱卵個體



◎從腹面可以確認是否抱卵

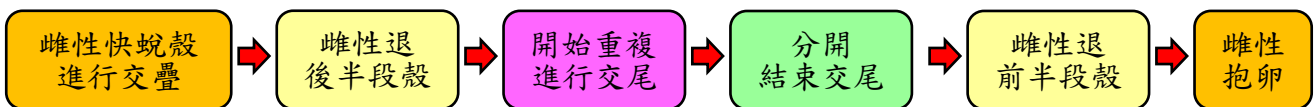


◎抱卵個體分缸單獨飼養



◎產子後的雌性再繁殖實驗

◇結果：1. 整個繁殖過程大約19-24天，可以分下列幾個階段：圖1-3-1繁殖過程圖



◎雌雄交疊



◎交疊中退後半段殼(雌)

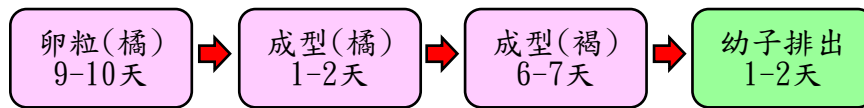


◎退殼後進行交尾



◎交尾後退前半段殼(雌)

2. 卵的發展過程：圖1-3-2 卵發展過程圖(作者進行實驗，照片由老師拍攝再由作者編輯)



◎橘色卵粒狀



◎胚胎成形(橘色)

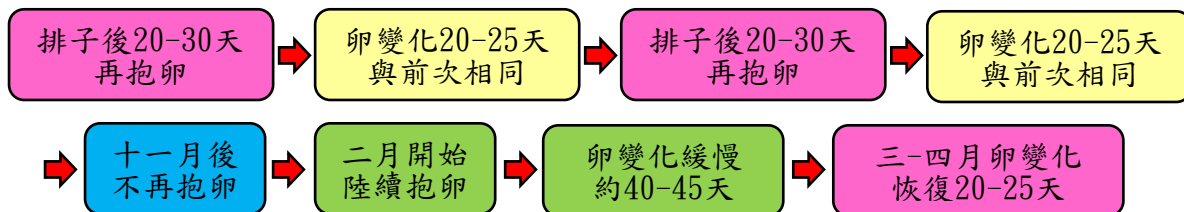


◎深褐色幼子



◎幼子排出

3. 再繁殖結果：圖1-3-3 再繁殖過程圖(作者進行實驗，照片由老師拍攝再由作者編輯)



◎排子25天後再抱卵



◎再繁殖抱卵約20天



◎第三次繁殖

4. 繁殖季：

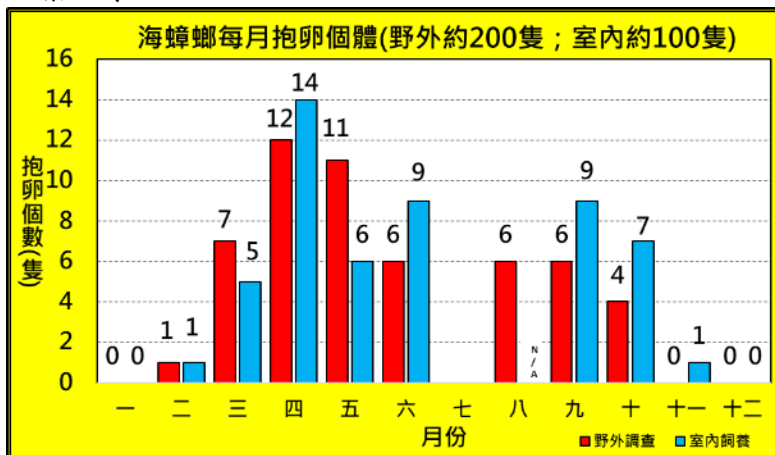


圖1-3-4野外與室內抱卵個體數量圖

◆討論：

1. 在溫暖的季節，卵的發展大致是相同的，總時間大約20天(圖1-3-2)，但若在初春還沒溫暖時，卵的發展會超過一個月(圖1-3-3)。卵會在雌性體內孵化才釋放幼子，這種卵胎生的方式，大大提高卵的孵化率，只要抱卵雌性個體沒有被獵捕，我們逐一清點幼子數量後，一次可以排出約85隻的幼子。
2. 奇異海蟑螂的繁殖行為看似簡單(雌雄交疊-抱卵-排子)，但其實這過程不但具有一定的程序，而且每個階段的行為都有其特定的目的，一般野外見到兩隻海蟑螂疊在一起，只

是交尾行為的前置動作，幾個關鍵過程如下(圖1-3-1)：

- A 交疊：**雄性要抱疊住雌性個體時，除了先確認對方成熟之外，可能也同時確認雌性準備要退殼，因為每一隻雌海蟑螂不一定隨時都可以蛻殼，這也是為什麼交疊時，其它雄性會去搶奪交疊中的雌性個體，大概就是因為那隻雌性快蛻殼了(這行為與一些甲殼類如龍蝦相似，交尾前雌性會先退殼)。(作者進行實驗，照片由老師拍攝再由作者編輯)



◎雄性個體(雄2)搶奪與另雄性個體(雄1)交疊中的雌性個體

- B 退後段殼：**交疊時間可以長達1-2天，雄性會一直捉住雌性，等待雌性蛻”後”段殼。
- C 交尾：**一旦雌性蛻了後段殼，雄性會開始進行交尾動作，雄性偏轉自己腹部，同時將雌性身體微微翻面(影片中可以觀察到雄性抖動腹部)，目的應該是雄性要讓交尾針進到雌性交接孔內。
- D 重複交尾：**交尾過程不會一次就結束，會重複出現，這應該也是為什麼牠們會有1-2天甚至更久的交疊時間，雄性才有更多機會完成這細微動作。
- E 分開進食：**交疊期間並不太進食，甚至可能都沒有進食(觀察盒中幾乎沒有產生新的糞便)，因此，一旦完成交尾，分開後便會開始進食，或在重複交尾過程中，也有暫時分開進食的行為出現(交疊時可能不容易進食)。
- F 蛻前段殼：**約2-3天時間，雌性會再蛻前段殼，以因應接下來的抱卵(孵幼囊在前半段)。
- G 抱卵：**雌性接著會進行長達20天或更久(初春)的抱卵與護幼行為。

(作者進行實驗並拍攝照片)



◎交疊4天，因還沒退殼 ◎發現蛻後半段殼表示已交尾 ◎抱卵前會再蛻前段殼

3. 幼子釋放後，一個月左右又可以再進行下一次繁殖行為，冬季前，每一次的繁殖行為與期程均很相似，但當進到12月時，便沒有再發現繁殖行為，一直到2月才又開始出現抱卵個體，不過這時候卵的發展明顯緩慢很多，原本20天的卵發展，會延長到45天(圖1-3-3)。
4. 奇異海蟑螂確實有明顯的繁殖季節，在我們野外隨機200隻的抽樣中，發現十一月到一月並沒有任何抱卵個體，二月開始有1隻，三月則增加到7隻，我們推測牠們的繁殖季很可能從3月開始，一直到夏末秋初的時節(十月)，且應該會比較集中在夏天(圖1-3-4)。
5. 我們在114年1月22日的野外調查中，發現原本都是中小體型的海蟑螂，有出現幾隻較大體型的(約25mm)，確認後帶回7隻大體型雌性個體，再與大型雄性個體同住，只是接下來一個多月都在較低溫狀態(20度以下)，並沒有發現任何抱卵，直到三月初，出現第一隻抱卵，氣溫約25度，或許牠們的繁殖行為要在氣溫變高時，才會進行，而這與野外調查

的結果接近，只是野外調查中，二月便開始有零星繁殖個體(圖1-3-4)。

6. 余等(2024)所進行的海蟑螂實驗僅是抱卵的後半段時間(約10天)，透過我們完整且詳實的記錄，除了清楚了解海蟑螂繁殖行為之外，更解釋了為什麼海蟑螂會進行兩階段退殼，可能就是為了讓雌性成熟後的繁殖行為可以順利進行，先退後半部(以便交尾)，再退前半部(為了抱卵)。

二、攝食行為：★動機:海蟑螂屬於雜食性，在馬公國中的科展報告中，提到海蟑螂對人工食物也很喜歡，更勝天然藻類，是真的嗎？但我們試著放幾種蔬菜給海蟑螂，攝食狀況並不理想，排便量越來越少，後來放有藻類的石頭，攝食量明顯，因此我們想了解海蟑螂的食性，是否真的會喜歡人工食物，而他們提到海蟑螂嗅覺極差，那是怎麼找到食物的呢？這也是我們想探究的重要部分。(作者進行實驗並拍攝照片)



◎高麗菜與紅蘿蔔



◎油菜與紅蘿蔔



◎青松菜與紅蘿蔔



◎原本布滿藻類的岩石



◎一天後岩石上藻類幾乎被攝食完

二、攝食行為：實驗2-1 文獻探討(作者進行實驗並拍攝照片)

★動機:澎湖馬公國中”海蟑螂的生態探討”中指出海蟑螂是廣食性，且攝食蛋黃存活較久，會因此而喜歡攝食蛋黃嗎？因此我們也進行了海蟑螂對蛋黃的食性研究，同時並增加蛋白的實驗。

☆方法：

1. 分別取出蛋黃、蛋白2公克放入3D 列印的實驗碟子中，秤取碟子與食物總重量，將缸子傾斜後，放入石頭及部分水，最後放入20隻成熟的海蟑螂(體長大於2公分)，各分三組同時進行，一天後，重新量測碟子與食物的總重量，實驗前後的重量差便是食物損耗量。
2. 為更真實了解攝食狀況，採用24小時全程錄影，再透過影片觀察來確認海蟑螂是否真的在攝食。(作者進行實驗，照片由老師拍攝再由作者編輯)

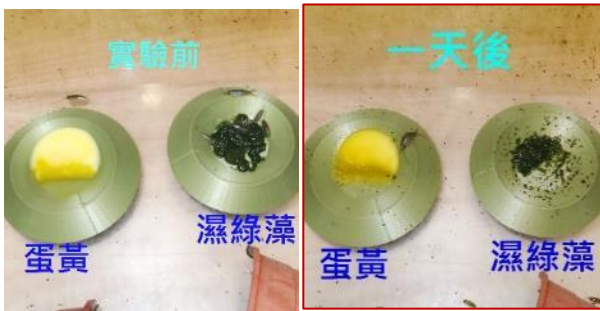


◎蛋黃與蛋白實驗前狀況

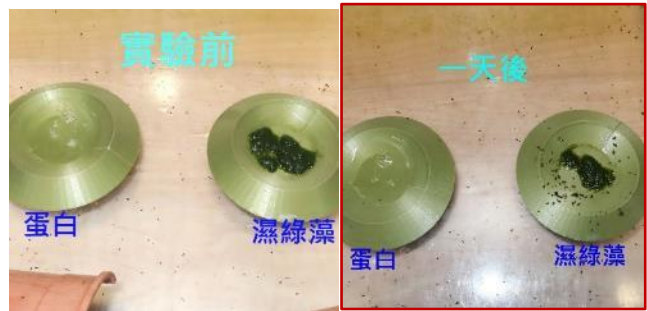


◎一天後蛋黃被攝食狀況

3. 加入對照組(綠藻)：取蛋黃5公克，加入2公克水，放入3D 列印的碟子中，並以綠藻澱苔做實驗的對照組，一起放在實驗缸(選用更大型魚缸)中讓海蟑螂攝食(約50隻)，一天後秤兩者重量，利用攝影機24小時錄影。改換成蛋白5公克，進行相同實驗。



◎蛋黃與濕綠藻被海蟑螂食用一天狀況



◎蛋白與濕綠藻被海蟑螂食用一天狀況

◇結果：

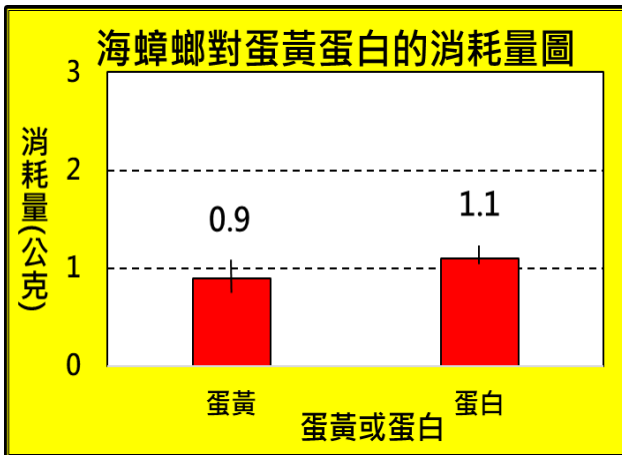


圖2-1-1 海蟑螂攝食蛋黃蛋白平均損耗量圖

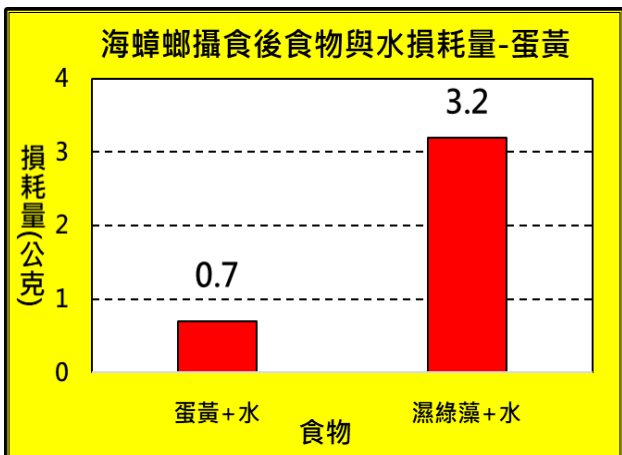


圖2-1-2 蛋黃+水與濕綠藻加水損耗量圖

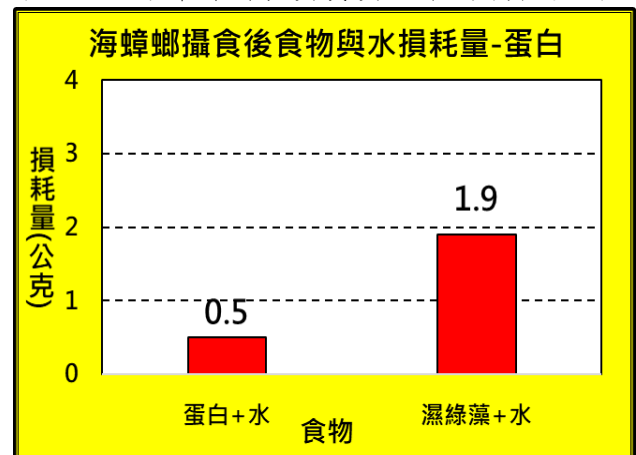


圖2-1-3 蛋白+水與濕綠藻加水損耗量圖

◆討論：

1. 在沒有其他食物情況下，蛋黃平均損耗0.9公克，蛋白1.1公克(圖2-1-1)，透過全程影片觀察，部分海蟑螂確實有停留在蛋黃跟蛋白上，而在蛋黃的停留情況又比在蛋白的停留情況明顯，兩者似乎都損耗了將近一半的量(原加入2公克)，但觀察隔天的碟子，並沒有明顯被食用的情況，也就是說海蟑螂雖然有食用蛋黃、蛋白，但應沒有吃進去很多，損耗的可能多數來自水的蒸發。
2. 當加入野外的綠藻時，一旦有了天然的綠藻，海蟑螂對濕綠藻的攝食量，明顯高於對蛋黃及蛋白(圖2-1-2、2-1-3)，加上隔天在兩個碟子上附近的糞便量也可明顯看出差異，蛋黃、蛋白附近幾乎沒有海蟑螂糞便，綠藻附近則布滿了大量糞便，從實驗前後的照片比對，兩疊綠藻都有明顯減少，若從全程影片來看，雖然也有海蟑螂到蛋黃、蛋白的碟子上，但並沒有長時間停留或聚集，也就是在有綠藻的情況下，海蟑螂幾乎不攝取旁邊的蛋黃、蛋白。但為何仍有0.7、0.5公克的損耗呢？因為有加入5公克的水，這損耗大多應該都是水分的蒸發。
3. 馬公國中研究的方式是單獨放一種食物，因此海蟑螂沒有其他選擇，但其實在潮間帶，每個季節都有不同的藻類附著在岩石上，這些幼嫩的藻類才是牠們最主要的食物。

實驗2-2 綠藻濕度(作者進行實驗並拍攝照片)

★動機:在飼養過程中發現當藻類乾掉時，海蟑螂不但糞便變少，而且好像也不太聚集攝食，難道牠們沒辦法吃乾掉的藻類嗎？同時我們也發現淹在水裡的藻類，似乎都沒有減少的跡象，淹在水裡也沒辦法進食嗎？

☆方法:1. 在潮間帶採集岩石上綠藻(以滌苔為主)，將綠藻晾乾，再分別加入不同水量，形成三種不同潮濕狀態的綠藻，分別是乾綠藻(全乾無水)、濕綠藻(半淹水)、淹水綠藻(藻類完全在水中)，兩兩一組進行，分別是”乾-濕”與”濕-淹”，實驗前先秤重量，一天後再秤一次重量，兩者差便是被消耗的重量。

2. 利用3D 列印技術，列印出裝藻類的小碟子(可裝水、海蟑螂可以進出)

3. 選擇80cm*36cm 的大型魚缸進行實驗，同時模擬野外有潮池的環境，將魚缸一端墊高，形成10度的傾斜狀態，讓底部可以有積水，上方則是乾燥環境。

4. 放入約100隻海蟑螂進行實驗，為避免部分可能是水分蒸發造成重量損耗，實驗時同時架設攝影機，24小時錄影，再從影片中佐證是否真有進去碟子內攝食。



◎乾-濕綠藻實驗前

◎乾-濕綠藻實驗後

◎濕-淹水綠藻實驗前

◎濕-淹水綠藻實驗後

◇結果：

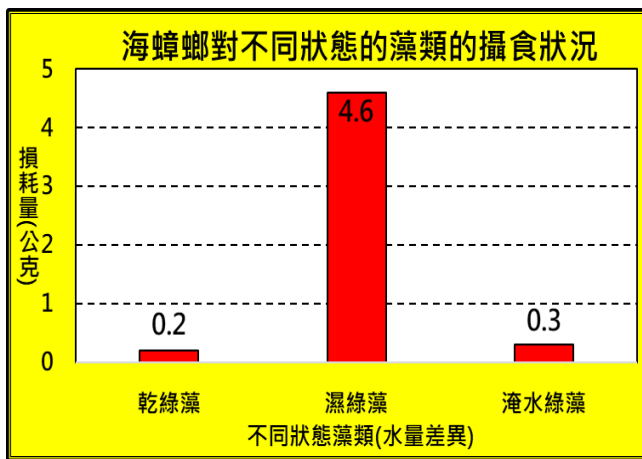


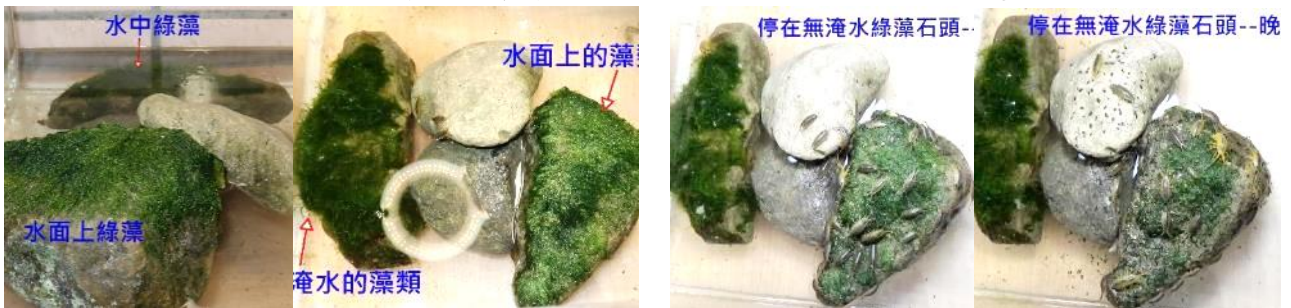
圖2-2-1 海蟑螂對不同狀態藻類的攝食狀況圖

◆討論：

- 野外很容易觀察到大量海蟑螂貼在岩石上，岩石上的藻類應該會是牠們的重要食物來源，但因為海水的漲退，岩石上的藻類有時乾、有時濕、有時淹水，但海蟑螂真正能進食的是濕的海藻，乾的或淹水的綠藻，海蟑螂攝食狀況不明顯，完全乾的綠藻，海蟑螂並不攝食，不過如果空氣濕度夠或離海水不遠，牠們應該也會攝食；至於淹水的綠藻，海蟑螂幾乎不會進到水裡面進食，但到底是因為綠藻沉在水中，造成海蟑螂找不到？還是海蟑螂根本無法在水中攝食呢？

※海蟑螂真的不能在水中攝食，還是因為只是找不到水中的藻類呢？（作者進行實驗並拍攝照片）

我們利用天然岩石上的藻類來再進一步探討，一顆岩石放在水中，一顆則放在水面上（一半在水裡、一半在水面上），岩石彼此相連接，確保海蟑螂可以碰觸到水中的藻類，採用24小時錄影，再透過影片清點海蟑螂在兩個石頭上停留的數量(共50隻)。



◎一顆岩石淹水/一顆岩石裸露在水面上

◎不論白天或夜晚，海蟑螂都停在水面上藻類

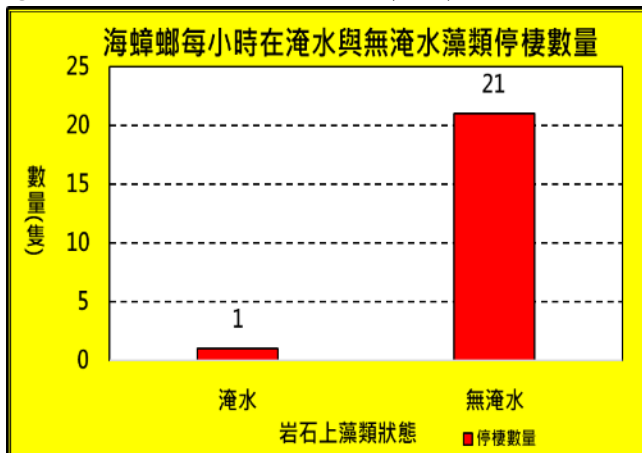
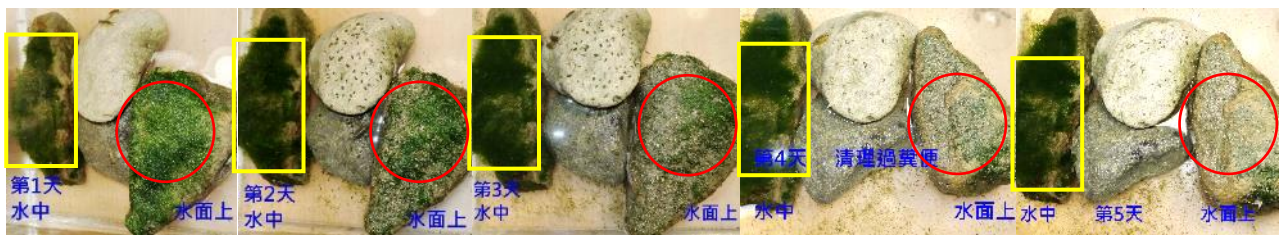


圖2-2-2 海蟑螂每小時停在淹水與無淹水藻類數量圖

類數量圖



◎第1天

◎第2天

◎第3天

◎第4天

◎第5天

結果發現，在影片中每小時數量的平均值有很明顯的差異，大多數海蟑螂都是停棲在水面上的藻類上，水面下的數量非常少(平均1隻)(圖2-1-3)，而從水面上密密麻麻的糞便可以看出，海蟑螂確實只會攝取水面上的藻類，我們一連進行了五天，結果發現，水中的藻類幾乎沒有任何改變，但水面上的則一天比一天稀少，至於為什麼水中的食物不會去攝取，或許與生理結構有關，這部分可能要利用更精密的生理實驗來確認。

2. 海蟑螂並非所有藻類都攝食，我們也進行了紅藻綠藻的實驗，結果發現，海蟑螂對石花菜這類紅藻及另一類綠藻石蓴都是不太食用的。

二、攝食行為：實驗2-3 腐敗吃嗎？(作者進行實驗並拍攝照片)

★動機:很多人對海蟑螂的印象，除了覺得長得像蟑螂之外，甚至認為牠們喜歡吃海邊的垃圾，死掉的魚蝦貝類，就連農業部水產試驗所主題網站中，對海蟑螂的描述：「攝食各種藻類碎片，有機碎屑和動物屍體為生，為腐食動物，是海邊的清道夫。」真的會吃腐屍嗎？

☆方法：(單一食物試驗)

1. 選擇潮間帶可以找到的食物，包含甲殼類屍體(瓷蟹)、魚類屍體(小鯔魚)以及海蟑螂屍體，分腐敗與未腐敗，再分別取2公克放在碟子內，與碟子一起秤重，隔天再秤重一次，腐敗與未腐敗各三組同時進行，每組20隻海蟑螂，進行一天，並全程錄影。

(未腐敗屍體：當天從冷凍櫃拿出來；腐敗屍體：前一天先將屍體放常溫，靜置一天)



◎魚屍體(實驗前狀況)



◎魚屍體(一天後的狀況)



◎瓷蟹屍體(實驗前狀況)



◎瓷蟹屍體(一天後的狀況)



◎海蟑螂屍體(實驗前狀況)



◎海蟑螂屍體(一天後的狀況)

◇結果：

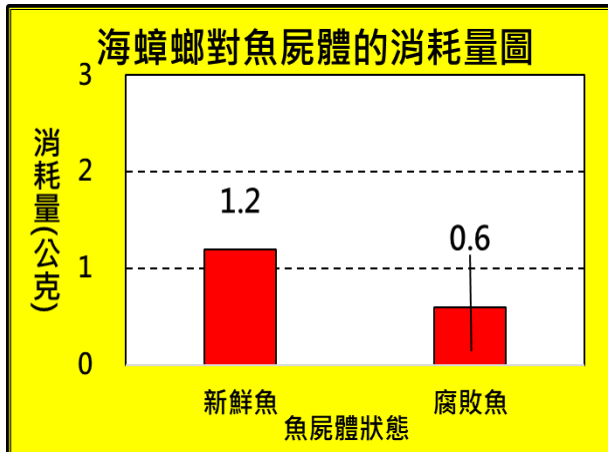


圖2-3-1 海蟑螂對魚屍體平均消耗量圖

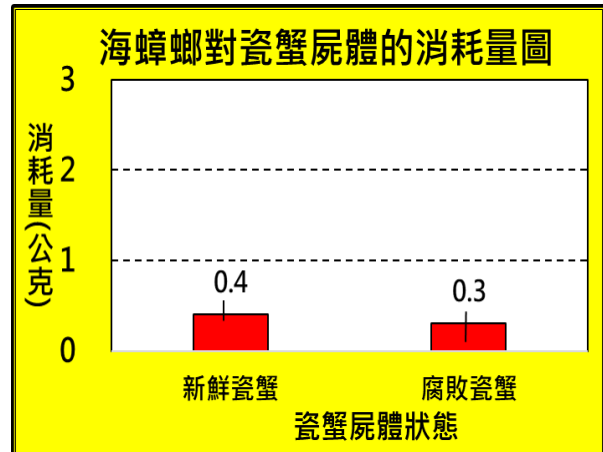


圖2-3-2 海蟑螂對瓷蟹屍體平均消耗量圖

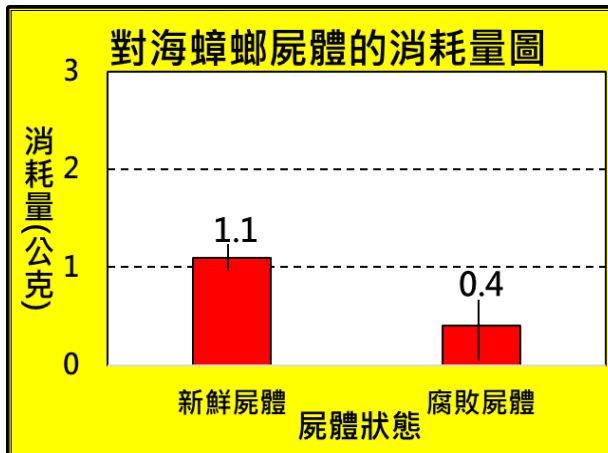


圖2-3-3 海蟑螂對同種類屍體平均消耗量圖

◆討論：1. 在只有單一生物屍體，沒有其他食物的情況下，海蟑螂對於生物屍體確實是會攝食，但屍體是否有腐敗，海蟑螂的攝食狀況有不小的差異，特別是魚跟海蟑螂屍體，攝食未腐敗屍體的量明顯要高於攝食腐敗屍體的量(圖2-3-1、2-3-3)，至於瓷蟹屍體，腐敗與未腐敗屍體被攝食的量則無明顯差異(圖2-3-2)，但都偏低，應該跟瓷蟹外殼較硬，不容易被攝食有關。

2. 為了更清楚瞭解海蟑螂對屍體的攝食狀況，我們仔細檢視實驗中的攝影影片，發現除了停下來攝食未腐敗屍體的海蟑螂比較多之外，停留在未腐敗屍體的時間似乎也比較久一些，對於已腐敗的屍體，雖然有些海蟑螂也會停下來攝食，但數量並沒有很多，時間也短一些，海蟑螂對於腐敗的屍體似乎比較沒有攝食的行為。

3. 從第二天屍體碟子周圍出現的糞便量來看，不論是腐敗或未腐敗屍體，糞便量都非常零星，與前面紅藻綠藻當食物時出現的糞便量相比，糞便量少很多，也就是說，就算有停留

在屍體上，但真正吃進去的量可能也不多。

二、攝食行為：實驗2-4 潮間帶清道夫嗎？（作者進行實驗並拍攝照片）

★動機：雖然單一食物下，海蟑螂確實有停留在屍體上的情形，但其實在潮間帶，岩石上都有海蟑螂可以攝食的藻類，如果在這樣的情況下，海蟑螂還是會去攝食這些生物屍體或腐敗的食物嗎？牠們真的是擔任潮間帶的清潔者嗎？

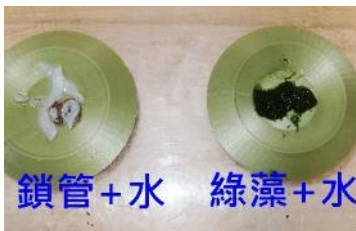
※潮間帶清道夫(AI 解釋)：潮間帶清道夫指的是在潮間帶生態系中，負責分解、清除有機物及屍體的生物，維持潮間帶生態的平衡。

我們列出幾點來進行檢核：1. 主動攝食有機碎屑及生物遺骸、腐屍；2. 主動攝食人類留下食物；3. 很容易找到生物遺骸、腐屍；4. 很快清理掉腐屍與生物遺骸。

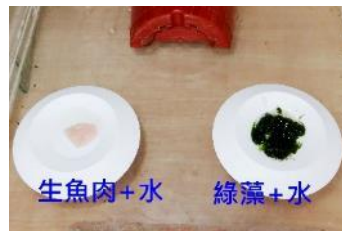
也就是說，如果海蟑螂是潮間帶清潔者，那應該在有綠藻的潮間帶、一樣可以輕易找到腐屍或任何有機質食物進行攝食，甚至整群一起清理掉腐敗食物

☆方法：（加入濕綠藻當做對照組，比較海蟑螂在有綠藻情況下，對其他食物的攝食狀況）

1. 生肉類：分別以鎖管、生魚肉、蝦仁、海蟑螂屍體及生豬肉5公克，加入2公克水，放入3D 列印的碟子中，並以綠藻澥苔做對照組，一起放在實驗缸中讓海蟑螂攝食（約50隻），一天後秤兩者重量，再搭配攝影機24小時錄影。



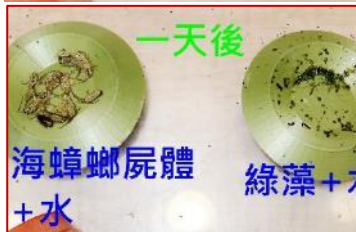
◎鎖管與綠藻



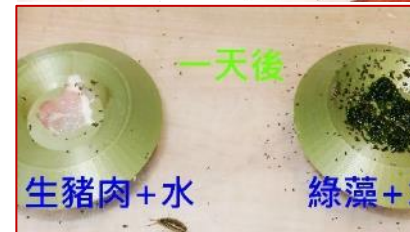
◎生魚肉與綠藻



◎生蝦仁與綠藻



◎海蟑螂屍體與綠藻



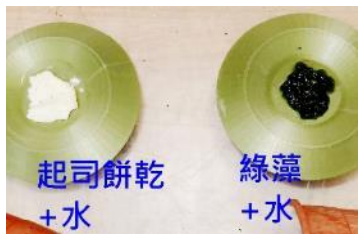
◎生豬肉與綠藻

2. 熟肉類：分別取熟魚肉、熟豬肉5公克，加入2公克水，進行一天攝食實驗。



◎熟魚肉與綠藻實驗前後狀況

3. 加工食品：起司餅乾、甜餅乾等加工食品各5公克，加入2公克水，與綠藻一起進行實驗。



◎起司餅乾與綠藻

◎甜餅乾與綠藻

4. 腐敗肉品：將肉品放置常溫一晚再進行實驗(出現腐敗味道)，取腐敗生蝦仁5公克，加入2公克水，重新進行一次實驗。



◎腐敗蝦仁與綠藻在實驗前後狀況

◇結果：1. 生肉類加水與濕綠藻損耗量比較

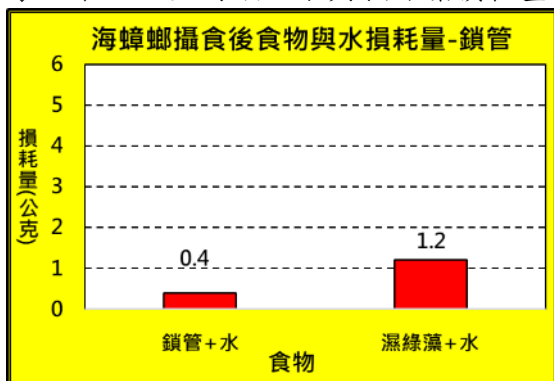


圖2-4-1海蟑螂攝食後鎖管+水損耗量圖

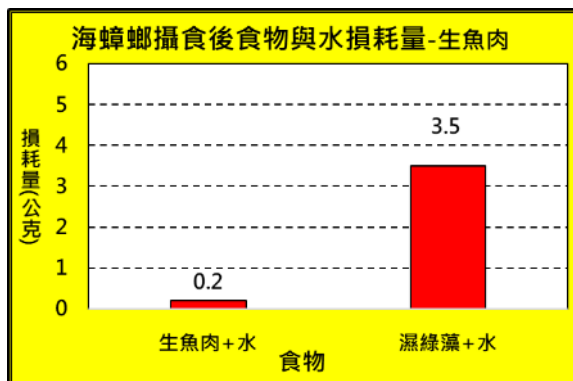


圖2-4-2海蟑螂攝食後生魚肉+水損耗量圖

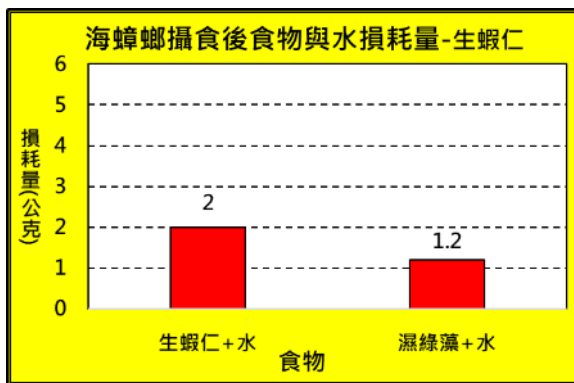


圖2-4-3海蟑螂攝食後生蝦仁+水損耗量圖

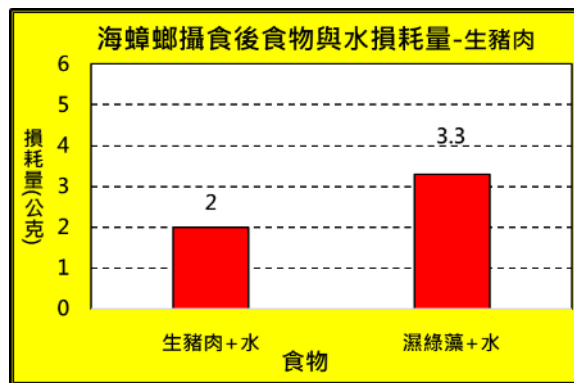


圖2-4-4海蟑螂攝食後生豬肉+水損耗量圖

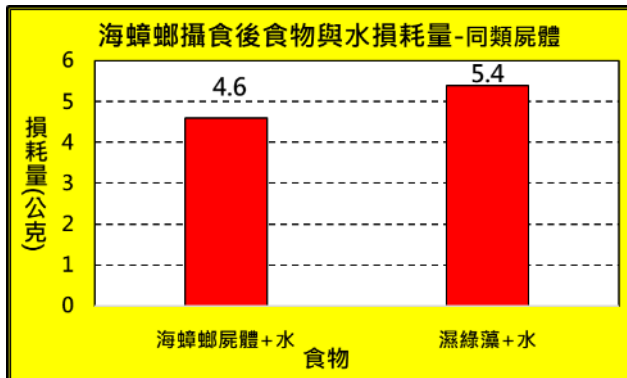


圖2-4-5海蟑螂攝食後海蟑螂屍體+水損耗量圖

2. 熟肉類加水與濕綠藻損耗量比較：

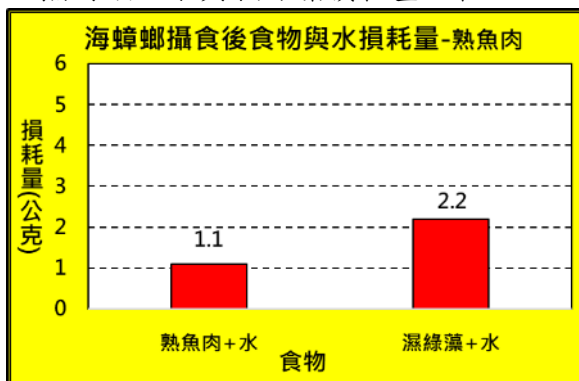


圖2-4-6海蟑螂攝食後熟魚肉+水損耗量圖

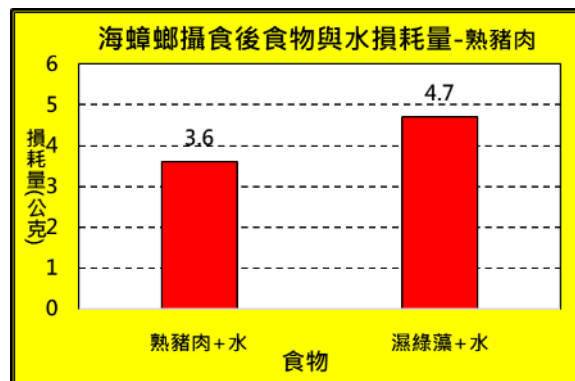


圖2-4-7海蟑螂攝食後熟豬肉+水損耗量圖

3. 加工食品加水與濕綠藻損耗量比較：

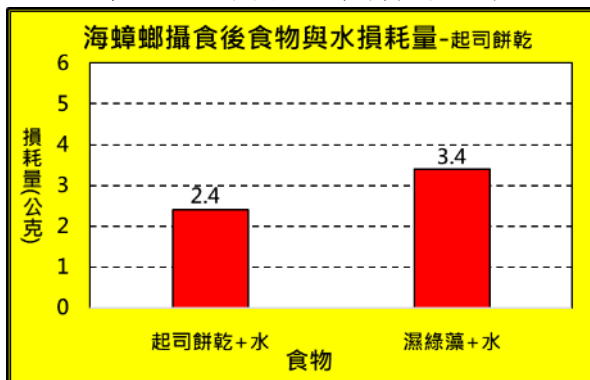


圖2-4-8海蟑螂攝食後起司餅乾+水損耗量圖

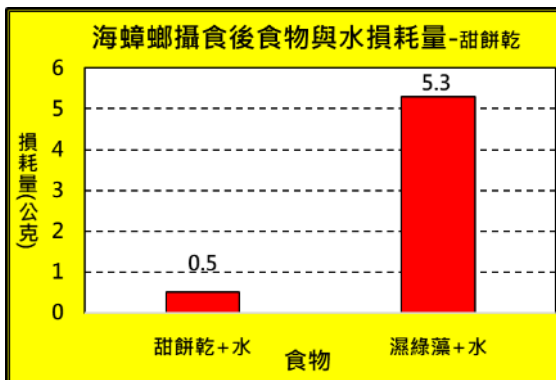


圖2-4-9海蟑螂攝食後甜餅乾+水損耗量圖

4. 腐敗肉類加水與濕綠藻損耗量比較

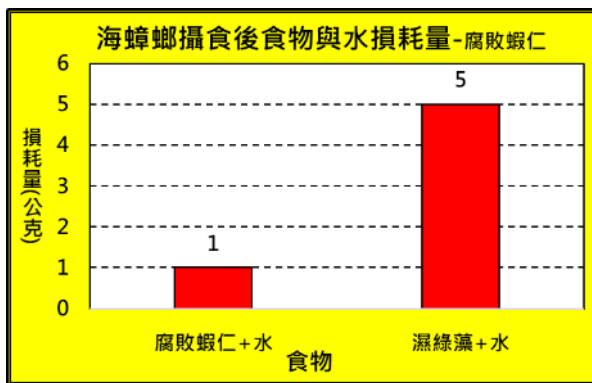


圖2-4-10海蟑螂攝食後腐敗蝦仁+水損耗量圖

◆討論：(作者進行實驗並拍攝照片)

1. 對於實驗採用的幾種生肉(鎖管、魚肉、蝦仁、豬肉及海蟑螂屍體)，在與濕綠藻同時進行攝食實驗時，雖然都有重量損耗情況，但大部分還是以濕綠藻的損耗量較大(圖2-4-1~2-4-5)，而且一天後的狀況也有很大差異，生肉幾乎看不太出有被啃食痕跡，但綠藻則有明顯減少，且周圍佈滿海蟑螂糞便，再從24小時錄影影片來檢視，我們發現雖然部分海蟑螂剛開始會在生肉區停留，但是幾個鐘頭之後，大部分海蟑螂只停留在綠藻的碟子內，數據上的損耗量可能大部分是水分的蒸發。
2. 海蟑螂對烹煮過的魚肉也沒有出現聚集攝食狀況(圖2-4-6)，不過對煮熟的豬肉，海蟑螂確實出現聚集攝食行為(圖2-4-7)，特別在前半段時間，不過後來攝食的狀況就不明顯，不像濕綠藻，海蟑螂陸陸續續都會去攝食，不過實驗中也發現，天氣較乾燥時，食物乾得快，海蟑螂對乾燥的食物並沒有明顯攝食行為(實驗2-2 藻類濕度)。
3. 海蟑螂對於餅乾類的食物會停留攝食，但與濕綠藻相比，一整天下來，海蟑螂還是以濕綠藻的攝取較明顯，即便重量有些損耗，但外觀上被攝食的痕跡並不明顯，反觀濕綠藻在一天後的狀況，幾乎全部被吃完(圖2-4-8、2-4-9)。
4. 實驗結果與文獻與資料上說得有很大出入，海蟑螂對一些肉類、屍體並沒有特別喜愛，尤其越到後面，越少海蟑螂會在肉類上停留，我們特別將蝦肉常溫放置一天，使其出現腐臭後再來進行一次實驗，結果完全出乎意料，一天後，藻類已經被完全吃光，腐敗蝦仁卻完全沒動靜，損耗重量只有1公克(圖2-4-10)，而這1公克很可能只是水分的蒸散，因為藻類碟子內的水分也不見了。在配合24小時攝影影片更可以清楚看到，海蟑螂幾乎都在藻類的碟子內停留，腐敗蝦仁的碟子就算有進去，也很快就離開。



◎攝影影片：海蟑螂完全不停留在腐敗蝦仁的碟子內

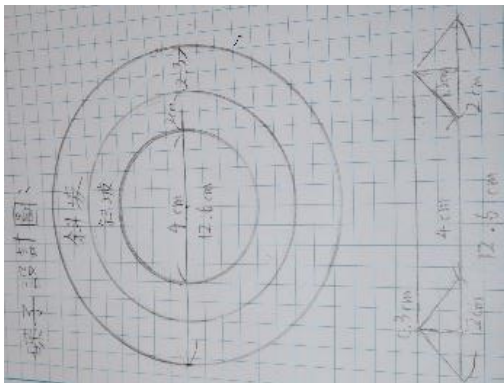
5. 在我們長期飼養的海蟑螂中，偶爾也會出現死亡個體，但這些死亡個體隔天都還是完整的屍體，且已經有異味，莫非海蟑螂並不是潮間帶的清道夫，對死掉的屍體根本不會去進食，文獻、文章中提到海蟑螂是腐食動物，會以動物的屍體維生，事實並非如此，在一次檢核實驗錄影影片時，意外發現一隻行動緩慢的海蟑螂，不久便被幾隻海蟑螂分食掉，也就是牠們確實會吃自己的同伴，但一旦發臭或有新鮮藻類，牠們便不再攝食屍體。

二、攝食行為：實驗2-5覓食方式(作者進行實驗並拍攝照片)

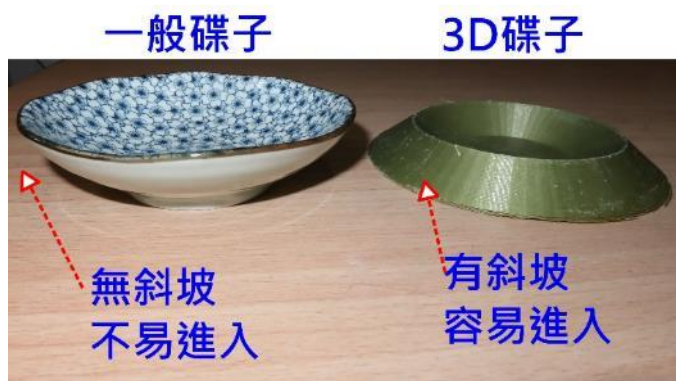
★動機:之前報告提到海蟑螂嗅覺極不發達，完全以視覺與觸覺來行動(澎湖馬公國中)，那麼海蟑螂也是利用視覺跟觸覺來找到食物的嗎？

☆方法：

1. 視覺試驗—將綠藻放在透明小試管中，蓋起來，使海蟑螂只能看得見，但聞不到、也碰不到，對照組的海藻則沒有放在透明盒內，觀察記錄海蟑螂在兩者"經過"及"停留"超過60秒的數量，如果是利用視覺找到食物，那兩者應該都有相近的經過與停留次數。(進行3次，每次一天)
2. 嗅覺試驗—利用3D 列印技術，製作出中間凹陷的碟子，為確保海蟑螂可以爬進去，將碟子邊緣設計較緩的坡度，實驗組在凹陷處放綠藻、水、小石塊，對照組則只放水跟小石塊，海蟑螂若是利用嗅覺找到食物，經過與停留在有藻類的碟子的數量會比較明顯。(進行3次，每次一天)



◎3D 列印碟子設計圖



◎3D 列印碟子與一般碟子比較

3. 為確保海蟑螂不是先碰觸，實驗組與對照組的碟子，都用洗衣濾網包起來，因此如果海蟑螂是利用嗅覺找到食物，有藻類的碟子應該會有比較多的經過與停留次數。(進行3次，每次一天)
4. 實驗2-3中每個24小時錄影影片，觀察海蟑螂碰觸食物的行為。(作者進行實驗並拍攝照片)



◎視覺試驗：海蟑螂僅可用視覺



◎嗅覺試驗1：無法利用視覺



◎嗅覺1：停留在綠藻攝食



◎嗅覺2：濾網使無法碰觸綠藻



◎海蟑螂會經過但不停留

◇結果：

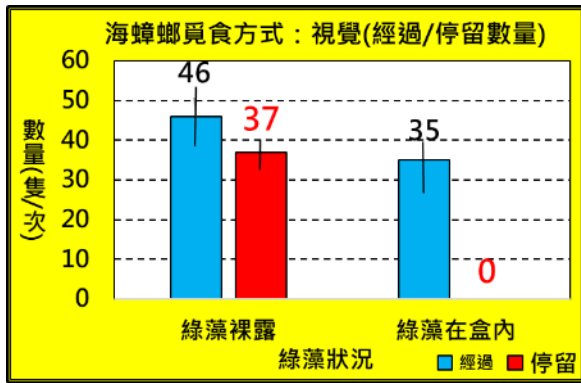


圖2-5-1 視覺實驗結果圖

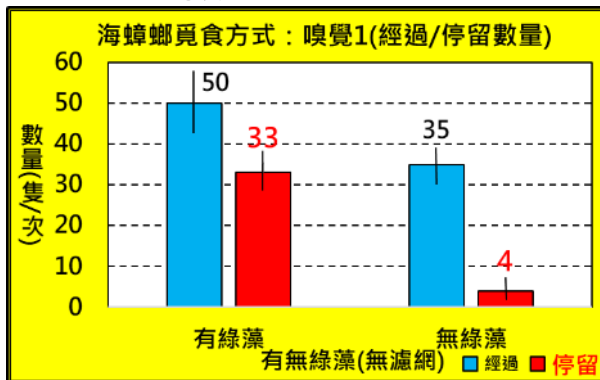


圖2-5-2 嗅覺實驗1結果圖

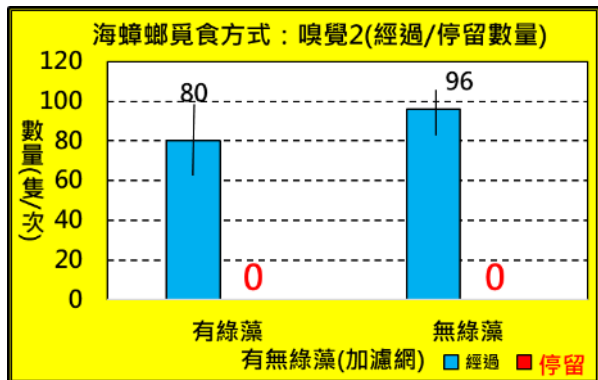


圖2-5-3 嗅覺實驗2結果圖

◆討論：(作者進行實驗並拍攝照片)

1. 視覺試驗：在實驗2-5-1中，海蟑螂在裸露的綠藻中，平均則有37次的停留(有攝食)，至於綠藻裝透明盒內，雖然海蟑螂也有平均35次經過，但影片上可以明顯看出，牠們只是沿飼養箱邊緣爬行經過，即便到盒子附近，也沒有特別停留尋找可以碰觸食物的入口，也就是說，牠們應該不是利用視覺來找到食物，雖然有很大的複眼，但並沒有辦法明確的鎖定食物位置。
2. 嗅覺實驗1：在有綠藻的3D 碟子中，海蟑螂平均一天經過50次，且出現33次停留，看起來好像是真的知道裡面有食物，但如果同時看對照組狀況(碟子中無綠藻)，平均也有35隻(次)的經過(圖2-5-2)，也就是說就算沒有綠藻，海蟑螂也是會爬進去碟子內，由此可見，進到綠藻碟子應該不是靠嗅覺。利用影片觀察牠們進入碟子的行為，我們發現海蟑螂多半都不是直接爬到藻類位置，而是在碟子四周碰觸，走走停停，即便是在沒藻類碟子或其它區域，也是一樣的行為模式，好像真的有在聞味道，但有時候又會從藻類旁走過沒有停下來，不過一旦碰到藻類，便會停下來啃食，碰觸過藻類的，有很多會離開藻類又回來藻類區，因此藻類區會慢慢有比較多的海蟑螂聚集。
3. 嗅覺實驗2：利用特製3D 碟子可以把視覺排除掉，但卻無法百分之百確定是嗅覺使牠們找到食物，也可能是爬行中碰觸到，那到底是不是透過嗅覺覓食呢？在濾網包覆碟子的實驗中，我們得到了解答，海蟑螂”經過”無藻類的平均次數(96)反而比有藻類的(80)還多(圖2-5-3)，兩者”停留”的數據都是0，表示都沒有偵測到濾網下的食物。再透過影片的佐證，我們發現，在沒有直接碰觸到的情況下，海蟑螂經過有藻類與無藻類的碟子上方時，都沒有做太多停留，顯然海蟑螂並不是直接利用嗅覺來找到食物。
4. 隨機爬行(觸覺)：那海蟑螂到底是怎麼找到食物的呢？在我們食性的所有實驗中，我們

都全程錄影，一一檢視每個影片的海蟑螂的覓食行為，我們發現其實海蟑螂好像沒有非常有效的覓食機制，有幾種狀況可以來進行討論：

- (1)沒有食物：在完全沒有食物的環境下，海蟑螂毫無目標得四處爬行，走走停停。
- (2)綠藻岩石：海蟑螂有干擾(白天)會躲在石頭下，到了晚上則在有藻類石頭上緩慢換位置，但不會跑遠，就在這有藻類的石頭附近。
- (3)綠藻碟子：海蟑螂也是四處爬行，碰到碟子有的會上去，接觸到藻類便停留，沒接觸到就又離開，離開了可能又會再回來，但最終會到沒藻類的石頭(側面或下方)。



◎沒有食物/四處爬行

◎攝食後離開綠藻碟子到岩石躲藏

◎在有綠藻岩石附近躲藏

總結：海蟑螂的覓食比較像是利用高超的爬行能力，四處尋找，找到食物，若是在天然岩石，牠們便會停留攝食，並在這岩石附近躲藏，不會遠離，但若不是容易躲藏的天然岩石(如實驗碟子)，牠們停留攝食後，會離開食物去找可以躲藏的位置，至於為什麼有藻類碟子會有很多聚集，主要是因為會有長時間停留，後面又有其它海蟑螂找到這些食物，因此慢慢就會累積，看起來好像大家都可以找到食物，但其實都只是爬行中碰到、停留。

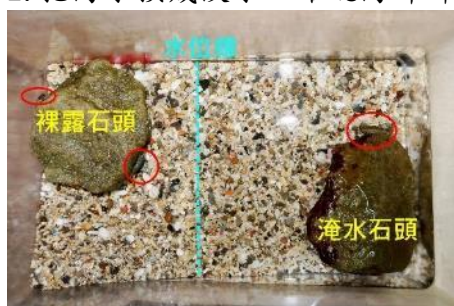
※潮間帶的海蟑螂並不會幫忙清理腐敗的生物屍體，就算會取食尚未腐敗屍體，但啃食速度很慢，一旦生物屍體出現異味，海蟑螂便不太會去食用，還有另一個不會清理生物屍體的重要原因，海蟑螂對潮濕藻類特別喜愛，而潮間帶岩石上幾乎隨時都能找到這些美味的藻類，這也是為什麼常常看到整群海蟑螂貼在岩石上，而不是在生物屍體上。

三、與水關係：★動機:大部分海蟑螂報告都指出牠們棲息在高潮帶，可以進入水中，但並不常發生，不過夏天退潮時，很多海蟑螂都是聚集在中低潮帶，牠們跟海水之間到底是怎樣的關係呢？真的可以入水嗎？可以在水中待很久嗎？為什麼都在陸地上呢？

實驗3-1 是否入水(作者進行實驗並拍攝照片)

☆方法：1. 利用小型魚缸，底部鋪海沙，並將一邊底部墊高，使一邊有海水，一邊無水，各放一顆石頭(一顆淹沒、一顆水面上)，擺放5隻海蟑螂，隔天觀察海蟑螂是否可以進到海水中停棲。

2. 把海水換成淡水，確認海蟑螂是否可以進入淡水中。



◎營造出水中與水面上石頭

◎海蟑螂在水中時間實驗圖

3. 海蟑螂在水中會待多久，利用半積水的岩石，每次放10隻海蟑螂，驚嚇牠們，使進入水中，並開始計時，不干擾情況下，記牠們出水的時間，共18組(180隻)。

◇結果：

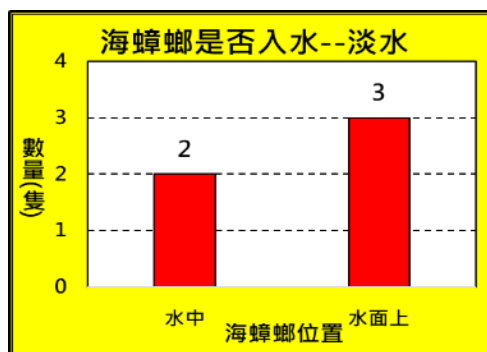
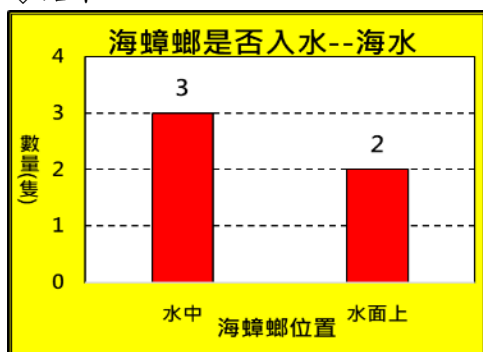


圖3-1-1海蟑螂是否可停棲在海水中

圖3-1-2 海蟑螂是否可停棲在淡水中

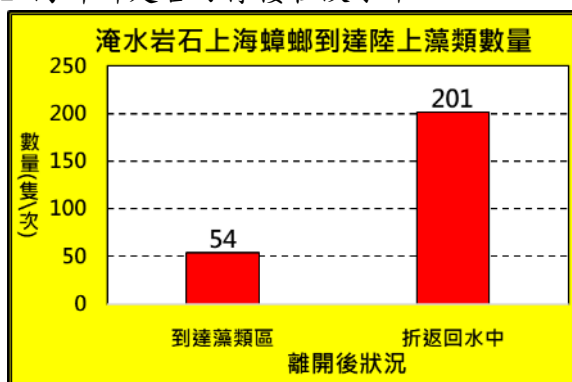
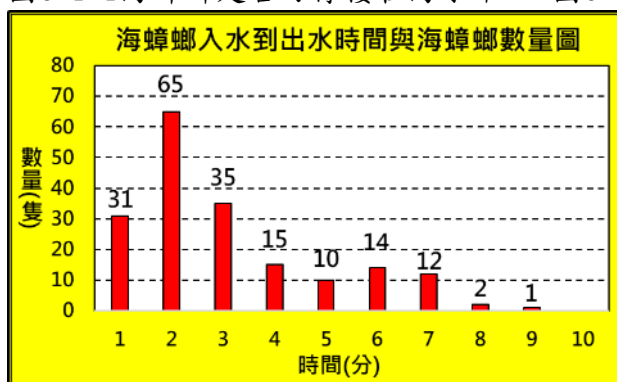


圖3-1-3海蟑螂入水到出水時間與海蟑螂數量圖 圖3-1-4水中獨立石頭上海蟑螂離開後去向

◆討論：

1. 隔天靠近觀察，讓海蟑螂在感受我們靠近時，有些便會進到水中，而且即使換成淡水，對海蟑螂來說並沒有太大差異，一樣可以進到淡水中躲藏(圖1-1-1、1-1-2)。
2. 海蟑螂入水後多久可以出水呢？在我們發現入水後的海蟑螂可以在1分鐘內就爬出來，大部分是1-2分鐘，3分鐘以後就明顯少很多(圖3-1-3)，也就是海蟑螂不太會在水中待太久。
3. 難道牠們沒辦法一直在水中嗎？我們觀察到進到水中的海蟑螂，腹部上的薄膜會不斷前後擺動，海蟑螂似乎可以在水中呼吸，我們利用顯微鏡觀察海蟑螂腹部薄膜構造，發現有類似鰓絲的構造，這構造讓牠們可以在水中待很久的時間，我們甚至利用網袋將海蟑螂限制在水中超過24小時，隔天仍然完好，用鰓呼吸應該是可以確定的。



◎腹部薄膜

◎顯微鏡觀察薄膜

◎薄膜上像鰓絲的構造

◎網袋包覆使沉水24小時

4. 此外，透過觀察我們發現海蟑螂在光滑表面上難以爬行，尤其是在水中，很難捉住魚缸表面，便會浮起來，利用這個特性，我們把一顆石頭淹沒到水中，沒有跟其他石頭相連接，

再放海蟑螂進去，攀附在水中岩石上的海蟑螂，會在水中石頭上爬行，可能因為上面沒有藻類或者想離開水，會有離開水中石頭的行為，但只游一小段又回折回水中石頭，一整個晚上只有約54隻(次)海蟑螂成功到有藻類岩石，而高達201隻(次)反而是折回水中石頭(圖3-1-4)，可見在水中無攀附時，海蟑螂寧願選擇回到水中沒藻類的石頭，一來至少可以抓得牢，二來應該也是牠們在水中是可以自由呼吸的，不必冒險到無法攀附的水中，不過雖然海蟑螂確實可以長時間待在水裡，但因牠們沒辦法在水中攝食(實驗2-2 食物濕度)，因此牠們還是要爬出水面，當我們放更多石頭，連接到水面上時，一天後，所有海蟑螂都到水面上有藻類的岩石附近。(作者進行實驗並拍攝照片)



◎水中利用薄膜呼吸◎光滑面海蟑螂不易爬行

◎在水中獨立石頭上的海蟑螂可以待很久



◎將石頭連接起來，海蟑螂都往水面上移動

實驗3-2 水中危機(作者進行實驗並拍攝照片)

★動機：既然可以在水中呼吸，就算必須到水面上攝食，攝食完還是可以進到水中(很多潮間帶螃蟹、寄居蟹都是如此)，但海蟑螂多數時間都是在水面上，難道水裡有更多危險嗎？

☆方法：1. 先利用大魚缸布置海蟑螂居住環境，傾斜一邊，並在低處放入海水，水中跟水面上都有石頭，再將潮間帶與海蟑螂出沒區域有重疊且會進到水中的螃蟹放入魚缸內，24小時錄影，一天後，再從影片記錄有多少隻海蟑螂被攻擊，選用螃蟹有哲蟹、方蟹、梭子蟹三種，海蟑螂約100隻。



◎方蟹外觀



◎梭子蟹外觀



◎哲蟹外觀

◇結果：

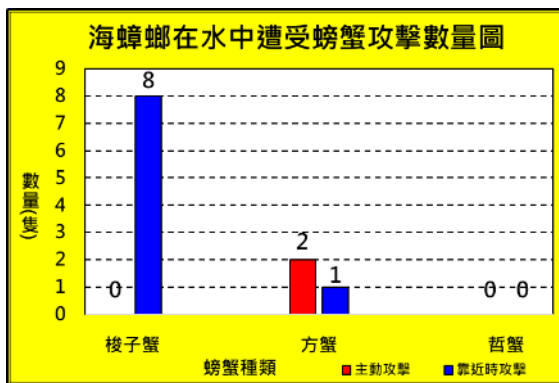


圖3-2-1不同螃蟹在水中對海蟑螂的攻擊次數圖

◎進到水中的海蟑螂被梭子蟹攻擊

◆討論：

1. 當水中有其它生物時，特別是有攻擊性的生物(如螃蟹)，海蟑螂進到水中時，很有可能便會被攻擊，尤其是遇到攻擊性強的梭子蟹，一天之中，就有8隻海蟑螂在水中被攻擊(圖3-2-1)，雖然都不是梭子蟹主動去攻擊，但海蟑螂並不容易注意到擁有天然保護色的梭子蟹，稍微一靠近，就會被捕食。
2. 方蟹是會主動攻擊海蟑螂的螃蟹，雖然攻擊前都有明顯的移動，海蟑螂可以提早做反應，但在水中，海蟑螂的逃避變得沒有那麼靈活，還是有2隻被捕食。(圖3-2-1)
3. 雖然不是每一種螃蟹都會對海蟑螂攻擊，但長期待在水中對海蟑螂來說還是有很多不利的地方：(1)無法進食；(2)水中隱藏掠食者；(3)水中爬行變緩慢；(4)海浪可能帶走牠們。對海蟑螂來說，陸地上的岩石角落、縫隙、洞穴等，會是牠們較容易存活的环境。

實驗3-3 離水遠近(作者進行實驗並拍攝照片)

★動機：如果海蟑螂不常棲息在水中，那牠們躲藏是否就可以不用在水邊呢？

☆方法：1. 將大魚缸一端墊高，形成斜面，使最底部可以積水，在積水處(A3)、水面附近(A2)及離水最遠處(A3)放置岩石，並利用廢棄椅子的腳連接，以方便海蟑螂爬行，放入約100隻海蟑螂，每天早晨清點三處岩石的海蟑螂數量，木頭椅上的部清點，進行三天，再求平均值。



◎離水不同距離的躲藏處

◇結果：(A1:離水最遠/A2:在中間/A3:在積水上方)

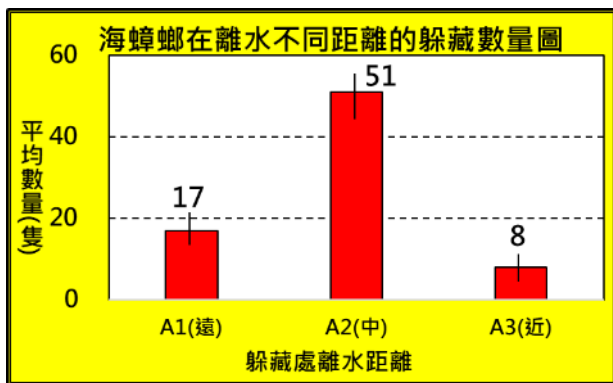


圖3-3-1海蟑螂在離水不同距離的躲藏數量

◆討論：

1. 海蟑螂主要都是棲息在水面附近的岩石(平均51隻)，離水最遠的岩石，平均也有17隻，反觀積水上方岩石的數量只有8隻(圖3-3-1)，由此可見，在沒有浪與水流的情況下，海蟑螂的棲息區域並不會離水太遠，但也不太會在水的上方。

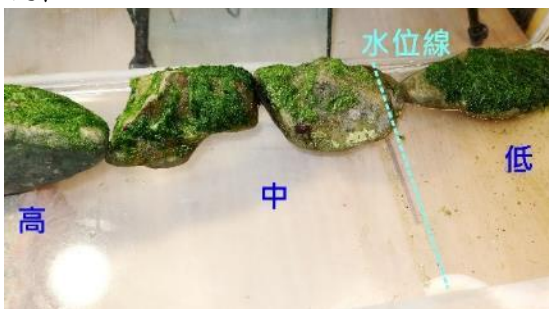
實驗3-4 水位改變(作者進行實驗並拍攝照片)

★動機：既然海蟑螂會棲息在水域附近，潮間帶是適合的環境，但這裡的水位會有漲有落，當水漲起來時，原本活動的區域可能會被海水淹沒，而海蟑螂又不會長時間待在水裡面，是否牠們會因此而更動位置呢？

☆方法：1. **低水位實驗**：利用一端墊高的大型魚缸，並在魚缸一邊排石頭，加入海水，僅淹到最底下石頭一半，放入50隻的海蟑螂，長時間攝影，在影片中每半小時清點三個區域的海蟑螂數量，分別是低處石頭、中間石頭、高處石頭，將每個區域石頭所有數據平均。

2. **高水位實驗**：加入更多海水，使水淹滿低處岩石(水位高的狀況)，進行相同實驗流程。

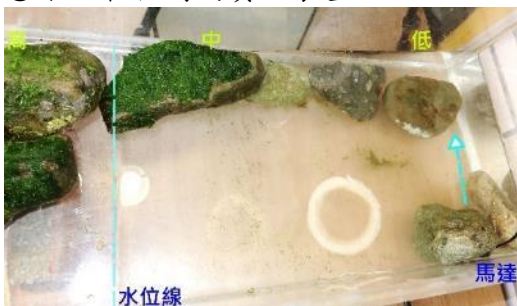
3. **水流影響**：在最低處的另一端放沉水馬達，使產生水流，衝擊低處岩石，進行同樣實驗流程。



◎水位在低時的實驗裝置



◎水位在高時的實驗裝置



◎有水流狀況時的實驗裝置

◇結果：

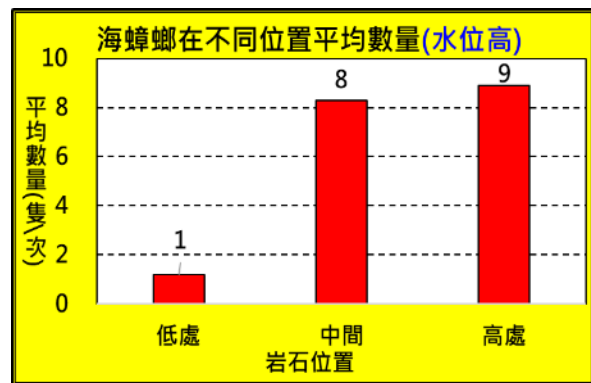
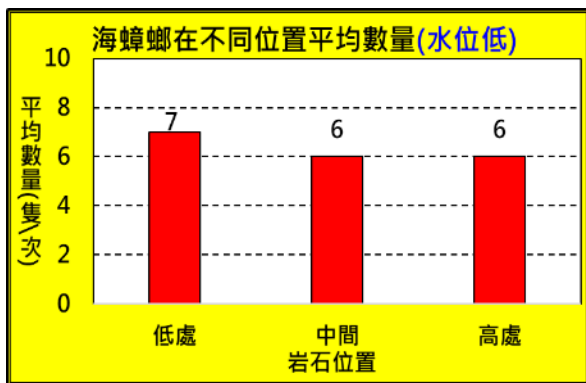


圖3-4-1海蟑螂在不同位置平均數量圖(水位低) 圖3-4-2海蟑螂在不同位置平均數量圖(水位高)

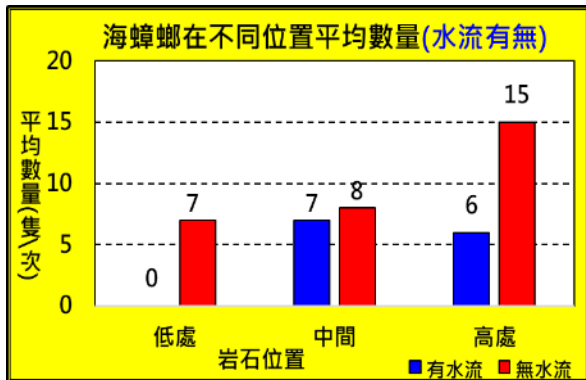


圖3-4-3海蟑螂在不同位置平均數量圖(有水流)

◆討論：(作者進行實驗並拍攝照片)

1. 因為每個岩石都有藻類附著，因此海蟑螂不會因為食物而特別更換位置，當水位低時，一整天的平均數值，以有水的低處岩石稍多，但中、高處的岩石也都有6隻的數量，並沒有太大差異(圖3-4-1)。
2. 當低處淹滿水時(水位高)，大部分的海蟑螂都往中、高處的岩石移動，淹水的岩石幾乎沒有海蟑螂停棲(圖3-4-2)，也就是當水位升高時，海蟑螂確實是會往高處移動。
3. 潮間帶水位的漲退都是有水流的，海蟑螂的移動，是否也受水流影響，原本沒水流時，低處岩石平均有7隻海蟑螂，但在有水流情況下，幾乎沒有任何一隻海蟑螂停在低處岩石，流動的水應該也帶給海蟑螂一定的危險，使牠們離開水流處，因此，在潮間帶有浪時，海蟑螂應該會移動到更高的區域，往高潮帶甚至飛沫帶移動。



◎海蟑螂移動時會盡量繞開水



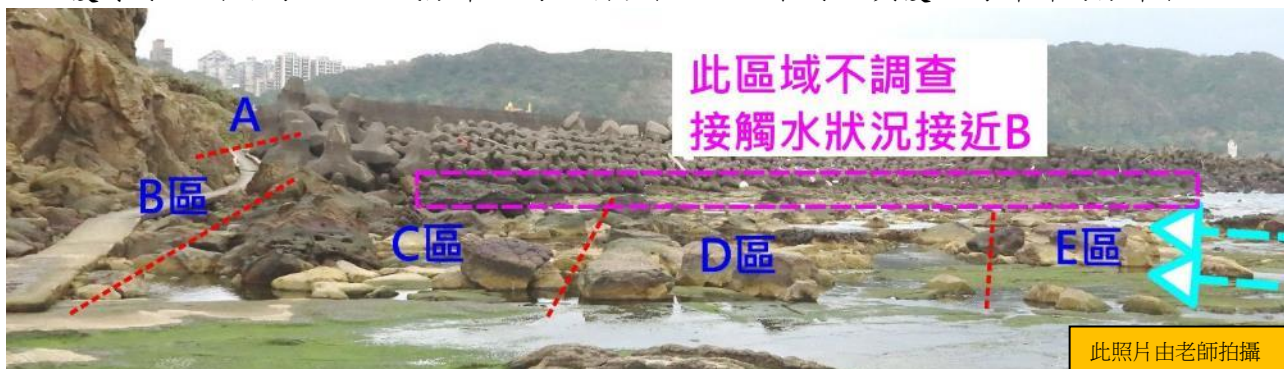
◎漲潮來不及離開便會待在石頭上

實驗3-5 野外蹤跡(作者進行實驗並拍攝照片)

★動機：在實驗室魚缸內，海蟑螂確實會因為水位高低而移動位置，但潮間帶範圍極大，海水漲退也很明顯，牠們還是會跟著潮水漲退而移動嗎？很多文章或文獻都提到，冬天不容易見到海蟑螂，是否寒冬跟酷夏海蟑螂分布是不一樣的呢？還是牠們只是躲起來呢？到底都躲在哪裡呢？

☆方法：1. 分布區域：選擇一個穩定可以找到海蟑螂且較平坦的潮間帶(大坪潮間帶)，依離水距離及明顯區隔標的分成 A(飛沫帶)、B(大漲潮會淹到:+50以上)、C(小漲潮淹到:約+20)、D 小退潮還是淹到:約-20)及 E(大退潮才裸露:-50以下)五個區域，在不同水位狀況下，三分鐘時間內，先以眼睛觀察，看幾顆石頭上有海蟑螂，如果眼睛無法觀察到，再利用翻石頭方式，如果石頭下有海蟑螂，則記一組，清點完一區再換另一區。

2. 酷夏寒冬：利用同一個區域分布，同一潮汐狀況，比較冬天與夏天海蟑螂的分布狀況。



◎大坪潮間帶分區調查圖

◇結果：

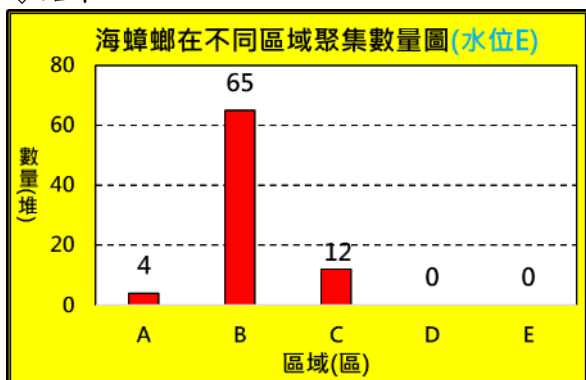


圖3-5-1 冬季時在不同區域數量圖(水位 E)

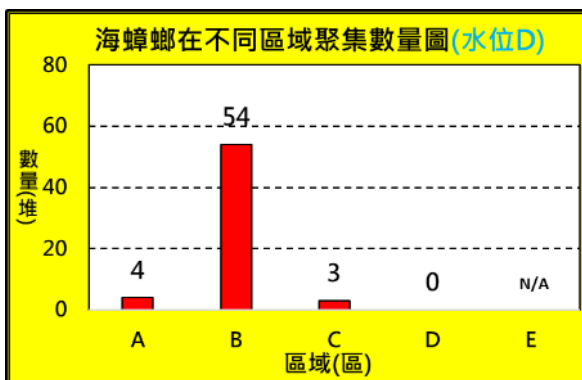


圖3-5-2 冬季時在不同區域數量圖(水位 D)

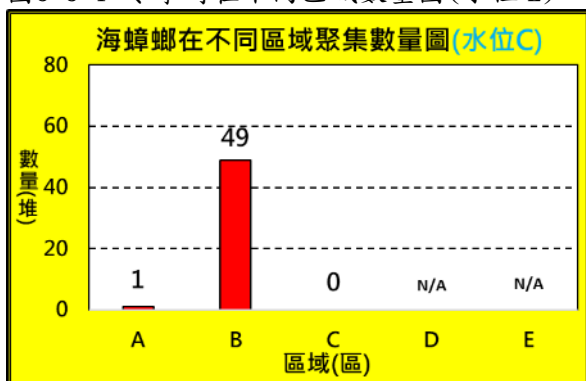


圖3-5-3 冬季時在不同區域數量圖(水位 C)

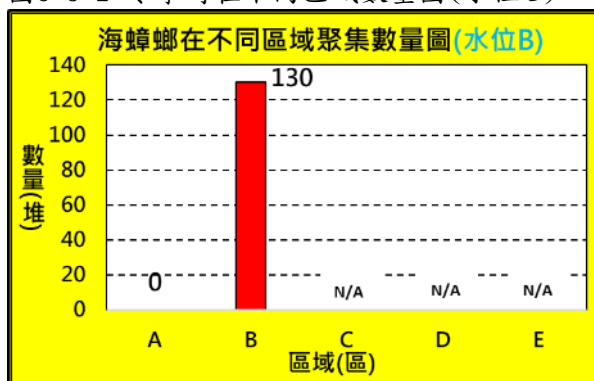


圖3-5-4 冬季時在不同區域數量圖(水位 B)

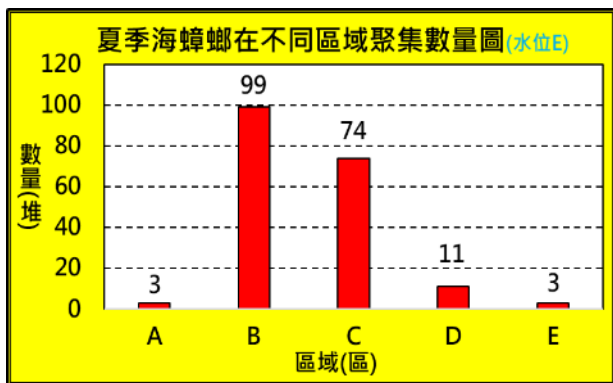


圖3-5-5 夏季時不同區域數量圖(水位E)

◆討論：(作者進行實驗並拍攝照片)

1. 冬季時，不管水位在哪一個區域，海蟑螂聚集數量最多的都是在B區，表示奇異海蟑螂主要棲息位置應該就在這區域，高潮帶接近飛沫帶的位置(圖3-5-1~4)。
2. 當水位在較低的E區時，C區海蟑螂數量增加了(圖3-5-1)，代表著海水離陸地遠一些時，有些海蟑螂確實會朝中、低潮帶移動，而當水位升高(B、C、D)，C區海蟑螂數量也跟著減少(圖3-5-2~4)，但顯然移動的數量不多，最主要都還是在B區的區域。
3. 當漲潮時(水位到達B區)，C、D及E區都已淹滿水，無法調查，B區則是一大半淹水，我們發現，海蟑螂在沒有淹水的B區數量很多(圖3-5-4)，其中很多一半淹到水的大石頭上，聚集了大量海蟑螂，而當海水在大石頭邊緣升高時，被海水碰到的海蟑螂會立即再往上爬，這細微的動作說明了，海蟑螂確實會因為“水”而更換位置。
4. 到了夏季，海蟑螂的移動出現很大變化，當大退潮時(水位在E)，雖然原棲息位置B還是數量最多，但較靠海的C也有74組(圖3-5-5)，甚至到低潮帶的D跟E都可以見到一些海蟑螂，也就是夏天的退潮，海蟑螂會往靠海的區域移動，但為什麼牠們要這麼辛苦，還冒著風險到靠海的地方去呢(海浪、水中掠食者)? **食物跟濕度**可能是迫使牠們移動的重要因素，從冬季到春季是東北角濕度較高且陽光弱的期間，綠藻浒苔(海蟑螂主食)可以蔓延到B區(中高潮帶)，因此即便退潮，區域內仍有大量藻類與足夠濕度，僅有極少量海蟑螂會往C區移動，但到了夏天，大部分的綠藻浒苔，在大退潮時都被曬死(特別是離海較遠的B區)，海蟑螂無法攝食乾死的海藻(實驗2-2)，加上白天強烈陽光使得B區濕度下降，乾燥加上沒有食物，可能就會迫使海蟑螂往C區或D區移動，這也是為什麼夏天時可以在更靠海的地方(C或D區)發現很多海蟑螂的主要原因。

冬天岩石上長滿綠藻



◎冬季時岩石上長滿綠藻(包含高潮帶)

夏天岩石上綠藻被曬乾



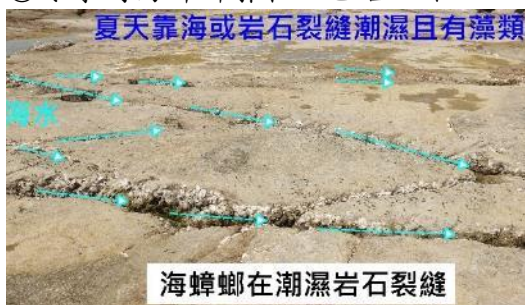
◎夏季時岩石上綠藻被曬乾(特別是高潮帶)



◎冬季時海蟑螂躲在B區岩石下



◎夏季退潮時，海蟑螂會往較濕且有藻類的C區



◎夏季時海蟑螂會到靠海岩石區域



◎夏天靠海處較潮溼有藻類

五、結論

- 一、奇異海蟑螂出生到成熟會退殼將近18次，約需200天，成熟體長在23mm左右。
- 二、奇異海蟑螂具有非常特定的繁殖過程：
 1. 雄性找到即將退殼的雌性； 2. 交疊(1~2天)； 3. 退後段殼(雌性)； 4. 交尾(多次)； 5. 雌雄分開； 6. 退前段殼(雌性)； 7. 抱卵(20天)； 8. 排出幼子。
- 三、奇異海蟑螂並非潮間帶的清潔者，主要以濕軟的綠藻為食，不太會攝食乾燥及腐敗的食物，特別是周圍有濕綠藻時。
- 四、奇異海蟑螂主要棲息在潮濕離海較遠的高潮帶，當棲息區域食物充足時(冬)，不太會有大範圍更換位置，食物較少時(夏)，則會有較明顯隨漲退潮而移動的行為出現。

伍、參考文獻資料

- 一、胡俊傑等五人。1981。海蟑螂的生態探討(澎湖馬公國中)。中華民國第21屆全國科展。
- 二、黃坤泉等四人。1982。校園旁的海蟑螂(嘉義東石國小)。中華民國第22屆全國科展。
- 三、魏景新。1986。會變色的海蟑螂(台北市萬華國中)。中華民國第26屆全國科展。
- 四、張維宸, 2013。比較台灣港口和非港口奇異海蟑螂(*Ligia exotica*)之族群遺傳概況。國立中山大學生物科學系研究所論文。
- 五、吳明澤。2019。台灣產海蟑螂形態測量分析與分子親緣。國立中興大學生命科學系研究所論文。
- 六、陳育賢。2001。海岸生物(一)—台灣潮間帶生物700種(一)。渡假出版社有限公司。
- 七、廖運志等。2015。潮汐的呼喚，探索北海岸潮間帶。交通部觀光局北海岸及觀音山國家風景區管理處。
- 八、施志昀·林家和·賴志威。2010。澎湖潮間帶無脊椎動物圖鑑。澎湖縣政府文化局。
- 九、陳揚文。2011。一個潮池的秘密。行人文化實驗室。
- 十、余易紘等。2024。潮間帶清道夫—奇異海蟑螂 *Ligia exotica* 之生態與行為探討。第十二屆「吳鄭秀玉女士黑潮獎助金」「海洋計畫科展類」計畫申請書。

【評語】 080312

1. 本作品探討奇異海蟑螂的成長、繁殖行為、食性以及與水環境的關係。研究團隊透過長期飼養、野外觀察與多項實驗，詳細記錄奇異海蟑螂從孵化到成熟的退殼次數與成長歷程，並觀察其繁殖過程及季節性。
2. 作品針對奇異海蟑螂的食性進行多元實驗，探討其對不同食物（如藻類、動物屍體、人工食物）的偏好，並進一步驗證其是否為潮間帶的「清道夫」。
3. 主題貼近在地自然環境，關注常被誤解的潮間帶生物，展現學生對生態細節的觀察力與好奇心。研究方法多元，結合野外調查、長期飼養、行為觀察、攝食實驗等，充分運用國小可取得的器材與資源。
4. 實驗設計細緻，能針對食物種類、濕度、腐敗狀態等多變因進行對照，並以圖表呈現數據，培養良好的科學素養。
5. 研究過程中展現團隊合作與自我修正能力，遇到實驗困難能主動調整方法，提升研究品質。

作品海報

我不是蟑螂
別再嫌我髒!

潮間帶奇異海蟑螂 *Ligia exotica* 之食性及生物學研究



摘要 本研究深入探討奇異海蟑螂 (*Ligia exotica*) 的生物學特徵及食性行為。從出生到成熟需經歷約18次退殼，耗時約200天。其繁殖行為極具特點：雄性找到即將退殼的雌性個體進行交疊，一旦雌性退「後段」殼，雄性便開始進行多次交尾，接著雌雄分開，雌性便會退去「前段」殼以便於抱卵，抱卵大約需20天。此外，奇異海蟑螂並非潮間帶的清潔者，雖然單一食物情況下少量攝食腐屍，但並無有效機制能找到腐敗屍體，且在周圍有濕綠藻情況下，會以綠藻為食。此類海蟑螂通常棲息於高潮帶的潮濕岩石下，受到濕度、綠藻分布及潮水變化的影響，活動範圍隨之變化，冬季高潮帶潮濕且綠藻豐富，較少移動位置；但夏季時高潮帶綠藻乾死，會迫使海蟑螂在退潮時往中低潮帶移動。

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

一、研究動機：在潮間帶常常會見到成千上萬的海蟑螂在石頭上，靠近牠們時，一下子又全部不見了，牠們為什麼要停在石頭上呢？是在找東西吃嗎？有沒有季節性呢？是不是跟蟑螂一樣又臭又髒呢？有些資料上說海蟑螂可以清理潮間帶的各種碎屑有機質，真的是這樣嗎？為了解開這些謎團，我們展開一連串對奇異海蟑螂食性與各種行為的研究。

二、研究目的：(一) 探究奇異海蟑螂之成長與繁殖行為； (二) 探究奇異海蟑螂之攝食行為； (三) 探究奇異海蟑螂與水的關係。

三、文獻回顧： ★全國科展： 1. 22屆全國科展，嘉義東石國小” 校園旁的海蟑螂” 中除了提到海邊校園內水溝裡有大量海蟑螂之外，也進行了退殼實驗，同時也對海蟑螂繁殖進行了部分觀察與實驗。 2. 21屆全國科展，澎湖馬公國中” 海蟑螂的生態探討” 中提到海蟑螂嗅覺極不發達，完全以視覺與觸覺來行動，同時也進行了食性測定，指出海蟑螂是廣食性，且對蛋黃特別喜歡。 3. 26屆全國科展，台北市萬華國中” 會變色的海蟑螂” 中提到海蟑螂在不同環境下，會因為黑色素擴散(體色變深)與聚集(體色變淺)而改變顏色。

★國內論文： 1.吳明澤,2019。台灣產海蟑螂形態測量分析與分子親緣。國立中興大學生命科學系研究所論文。 報告中提到目前台灣有三種海蟑螂，由這份文獻可以確認我們實驗的物種為奇異海蟑螂。另外針對食性部分，海蟑螂為雜食性動物，取食海藻及動物屍體，包括海蟑螂的屍體(個人觀察)，不喜歡維管束植物，天敵為蟹類(Carefoot,1973)。在繁殖上，海蟑螂的生殖，為體內受精，雌體具有孵育囊(brood pouch)，雌體脫完殼後，雄體會在這時與雌體交配。 2.張維宸, 2013。比較台灣港口和非港口奇異海蟑螂(Ligia exotica)之族群遺傳概況。國立中山大學生物科學系研究所論文。 報告雖然主要探討港口與非港口奇異海蟑螂(Ligia exotica)族群遺傳分化現象，不過也提到奇異海蟑螂的基礎生物資訊，不能長時間待在水中，也不能完全脫離海水。

★其他相關： 余易紘等。2024。潮間帶清道夫—奇異海蟑螂Ligia exotica之生態與行為探討。第十二屆「吳鄭秀玉女士黑潮獎助金」 「海洋計畫科展類」計畫申請書。 雖然只是一份未完成的計畫書，大部分實驗都沒有完成，但內容中有提到奇異海蟑螂退殼成長及抱卵行為的部分過程，同時也提到海蟑螂攝食行為，值得我們做參考。

★奇異海蟑螂分類階層： Kingdom Animalia 動物界 Phylum Arthropoda 節肢動物門 Class Malacostraca 軟甲綱 Order Isopoda 等足目 Family Ligiidae 海蟑螂科 Genus Ligia 海蟑螂屬 Ligia exotica 奇異海蟑螂

貳、研究設備及器材

- 一、實驗室飼養與實驗用容器（30公分水族箱數組、80公分壓克力大魚缸、120公分大魚缸、3D列印不透光管子供躲藏、檯燈、海水儲存箱10個）
- 二、攝影記錄組(一般攝影機、縮時攝影機、相機、腳架)
- 三、攝食實驗(3D列印碟子、天然岩石、藻類、屍體、加工食物...)
- 四、繁殖、成長實驗(透明碟子、中型飼養箱)
- 五、群體行為實驗(大型魚缸、潮間帶石塊)
- 六、野外採集與調查(寶特瓶誘捕陷阱、透明觀察盒、大型淺盆子)

參、研究方法與研究結果

一、成長與繁殖：實驗1-1 外觀特徵 (照片由作者拍攝)

- 1. 奇異海蟑螂頭部有一對複眼，一對觸鬚，身體共有十三節，其中胸部七節，腹部六節。七對步足分別在胸部的七節。尾部腹面有12塊薄膜，是呼吸器官，末端有一對長尾肢。
- 2. 雌雄個體外觀相似，有些文章中提到，雄性背部會有小藍點或背部體色有偏黃的趨勢，但這都不是很準確的判別依據，最大差異在雄性的腹部有一對交尾針。

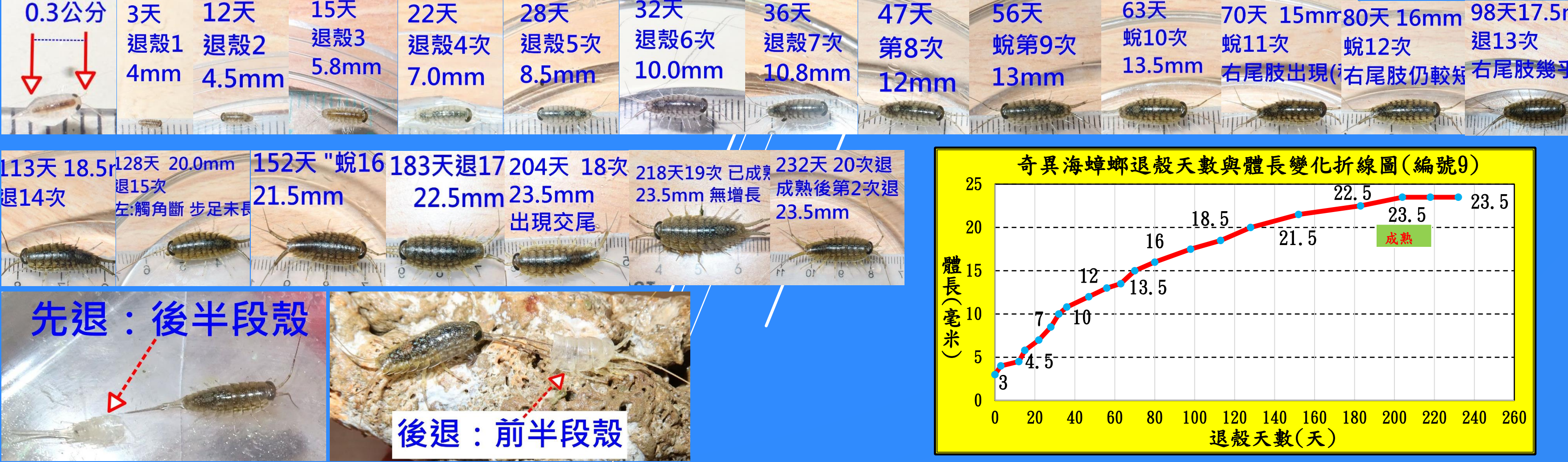
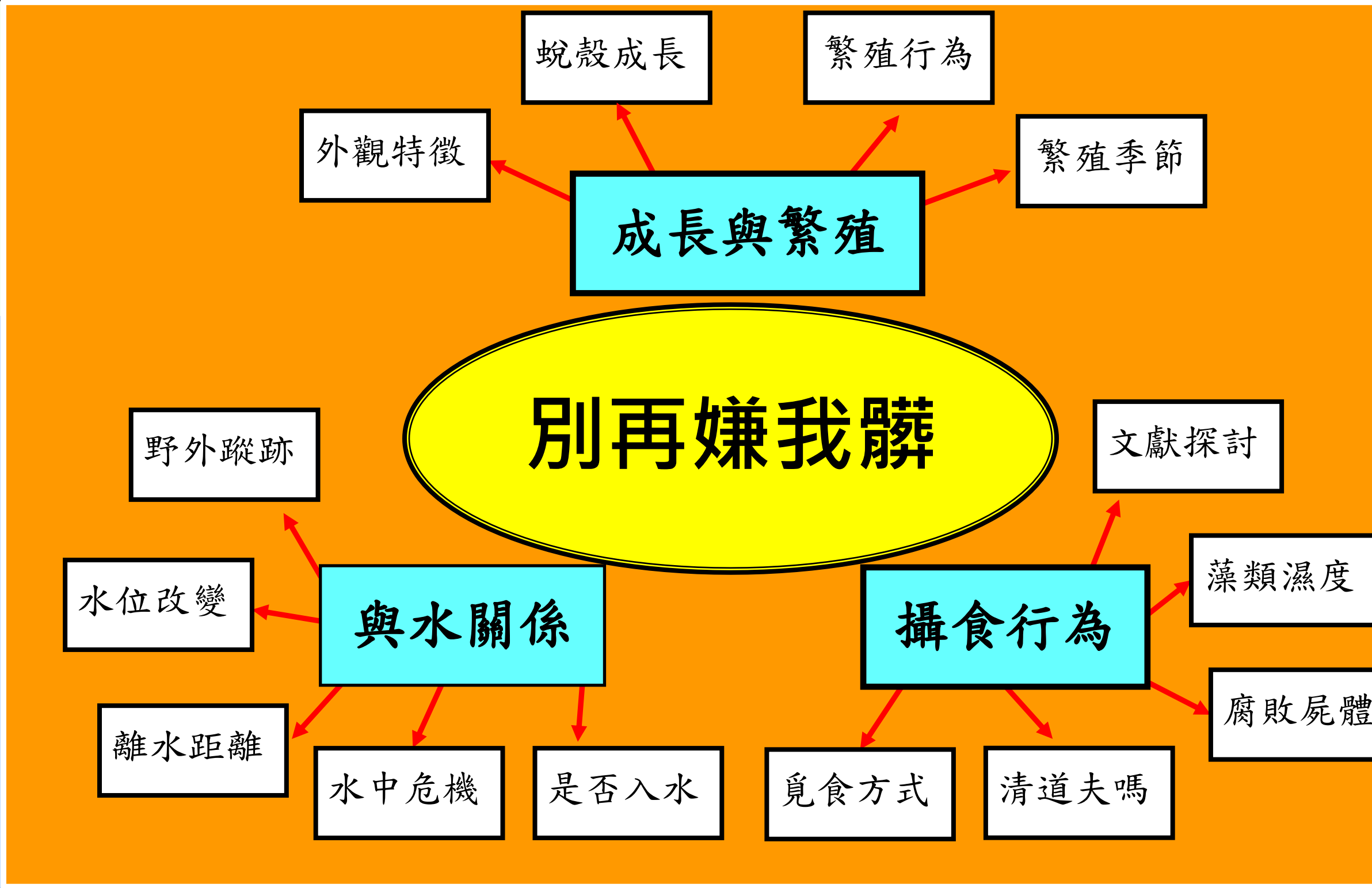
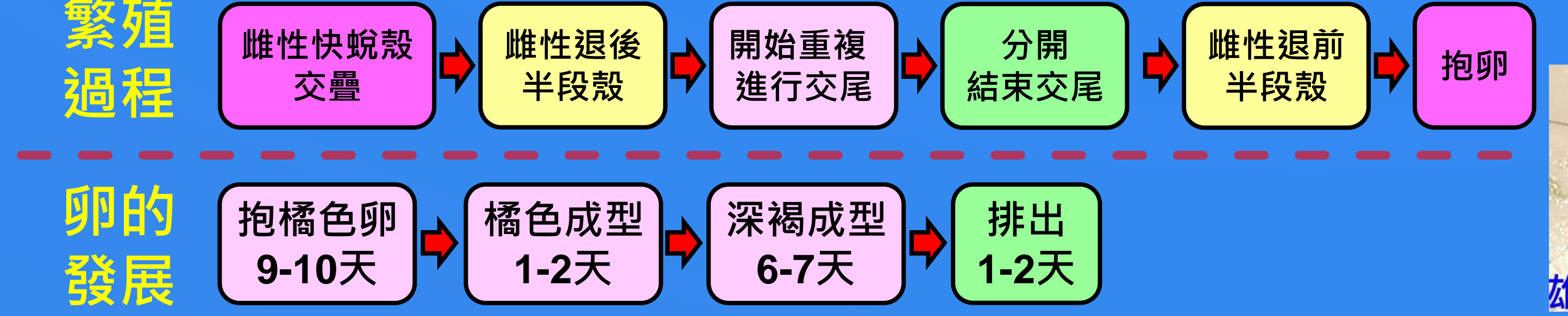
實驗1-2 退殼成長

- 結果： (照片由作者拍攝) 1. 每次退殼的間隔天數並沒有很一致，短的5-7天，長的10-15天，甚至可能超過20天
- 2. 雄性個體約略會經過18次退殼，體長23.5 mm可達成熟
- 3. 確實採兩段式退殼，先退後半部，隔天才會再退前半部，剛退完時，體色較淡。

實驗1-3 繁殖行為

方法： (照片由作者拍攝)

- 1.交尾與卵孵化：取交疊個體，隔離並24小時錄影，記錄完整交尾過程，確認抱卵的雌性海蟑螂，每天觀察並記錄卵的變化狀況。
- 2.再繁殖：排出幼子後，加入一隻成熟雄性，每天觀察雌性腹部變化
- 3.繁殖季： 野外--隨機採集約200隻海蟑螂，清點有幾隻是抱卵個體。 實驗室--每月檢驗實驗室飼養個體(約100隻)，確認抱卵個體數量。
- 結果： 1.整個繁殖過程大約19-24天，20-30天後又會再繁殖。 2.奇異海蟑螂的繁殖行為看似簡單(雌雄交疊-抱卵-排子)，但其實這過程不但具有一定的程序，而且每個階段都有其特定的目的。

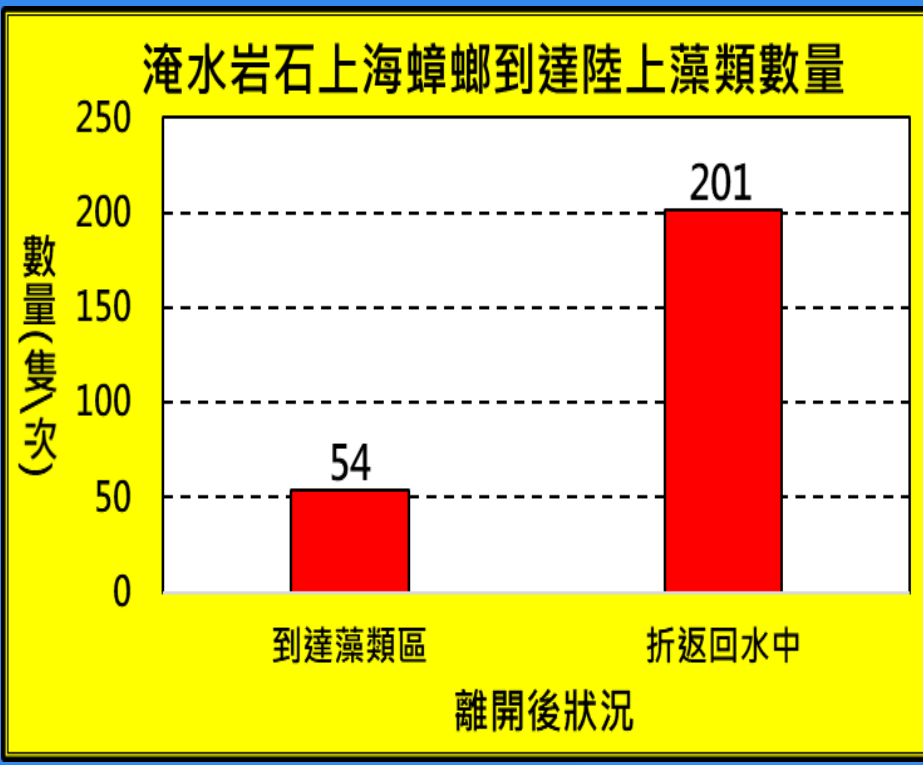
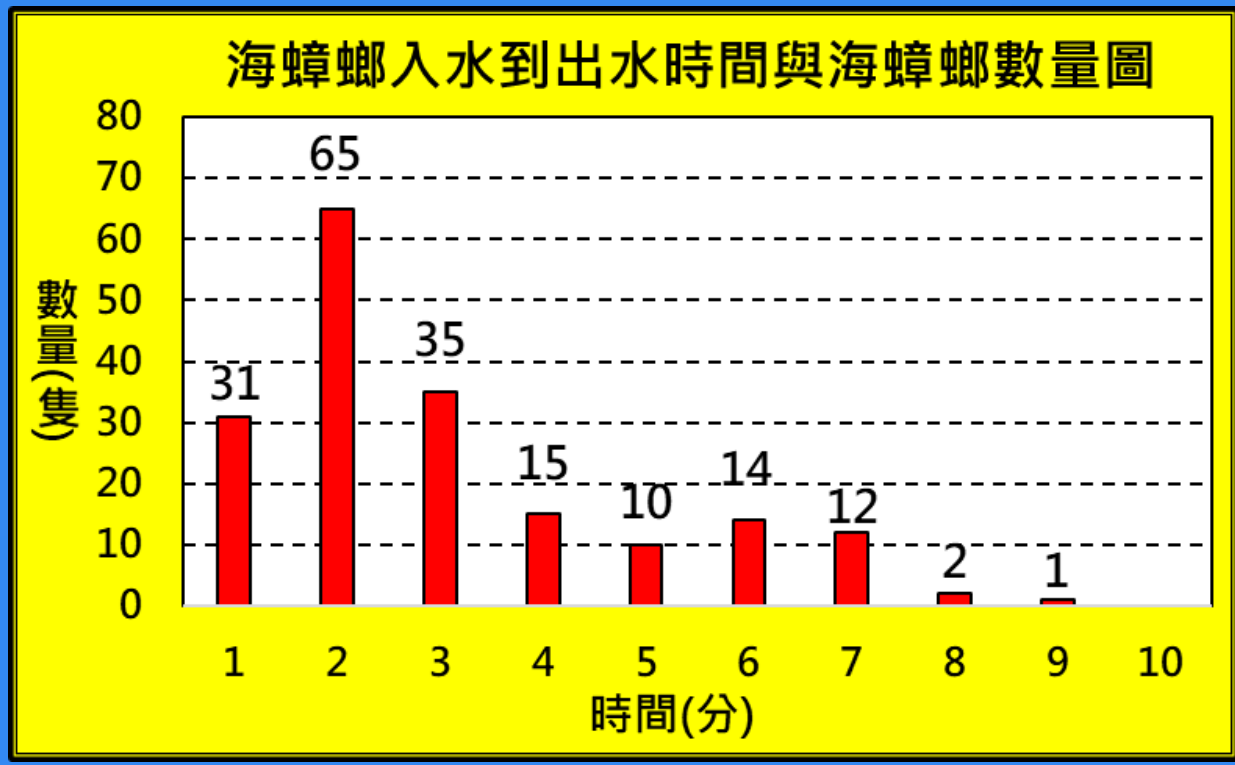
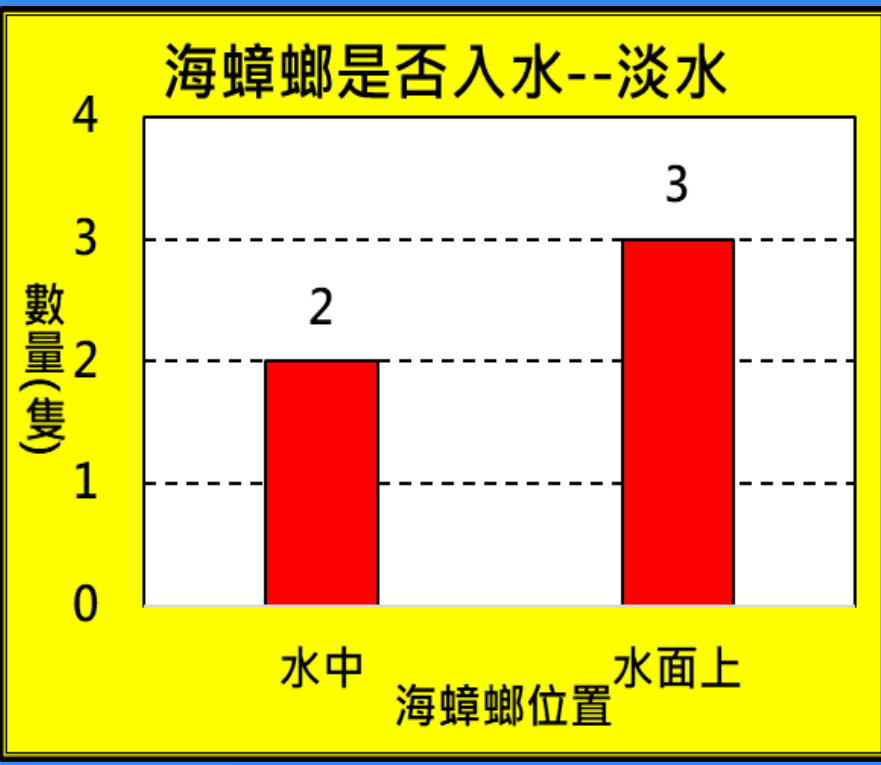
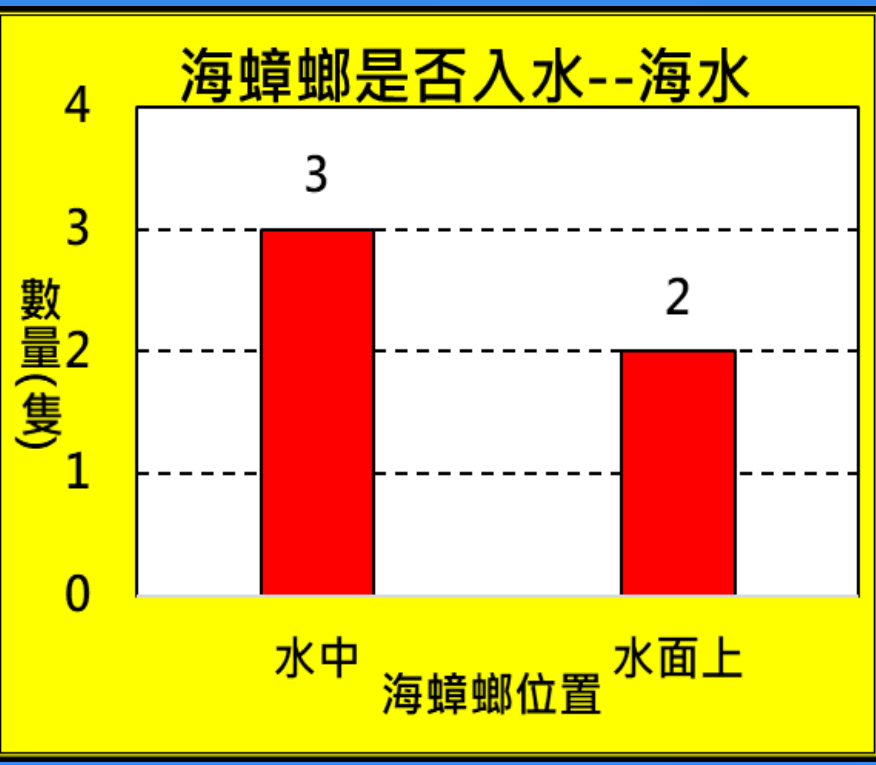


★動機:雖然不少書籍都有提到海蟑螂卵胎生的生殖方式，不過很少有完整記錄繁殖過程的報告，到底抱卵多久會孵化？卵在體內孵化後又會在母體內待多久？甚麼情況下會排出幼子呢？



三、與水關係：

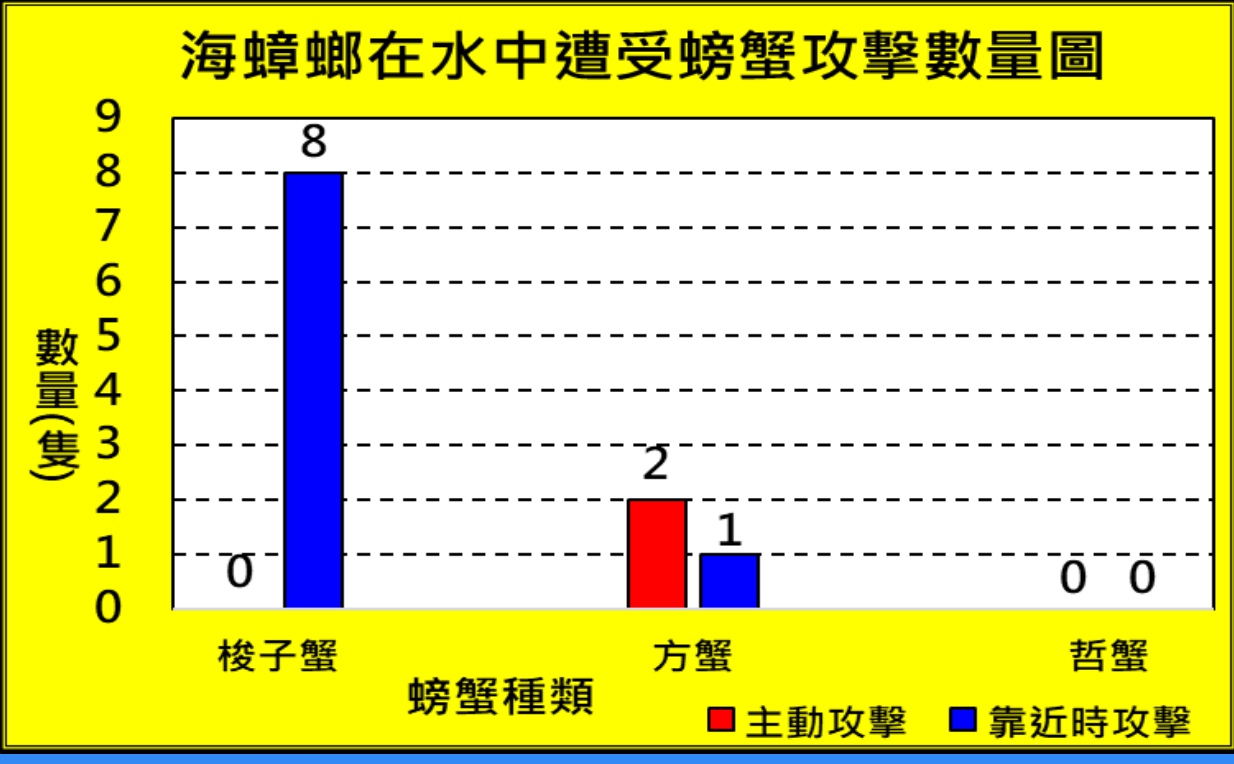
實驗3-1 是否入水



結論：海蟑螂受驚擾會進到水中，但並不會長時間停留在水裡面，除非周圍沒有可以攀附的物質。

實驗3-2 水中危機

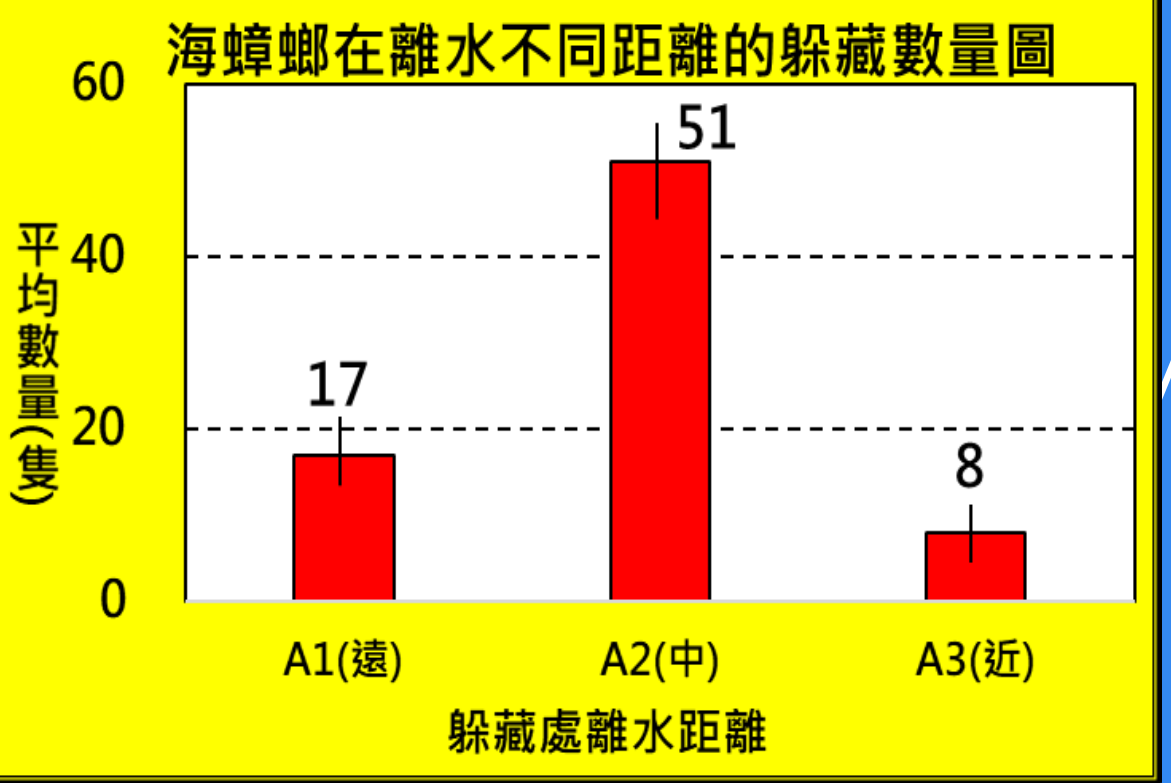
★動機：海蟑螂多數時間都是在水面上，難道水裡有更多危險嗎？



結論：長期待在水中除了無法進食外，也很容易被其他生物攻擊

實驗3-3 離水遠近

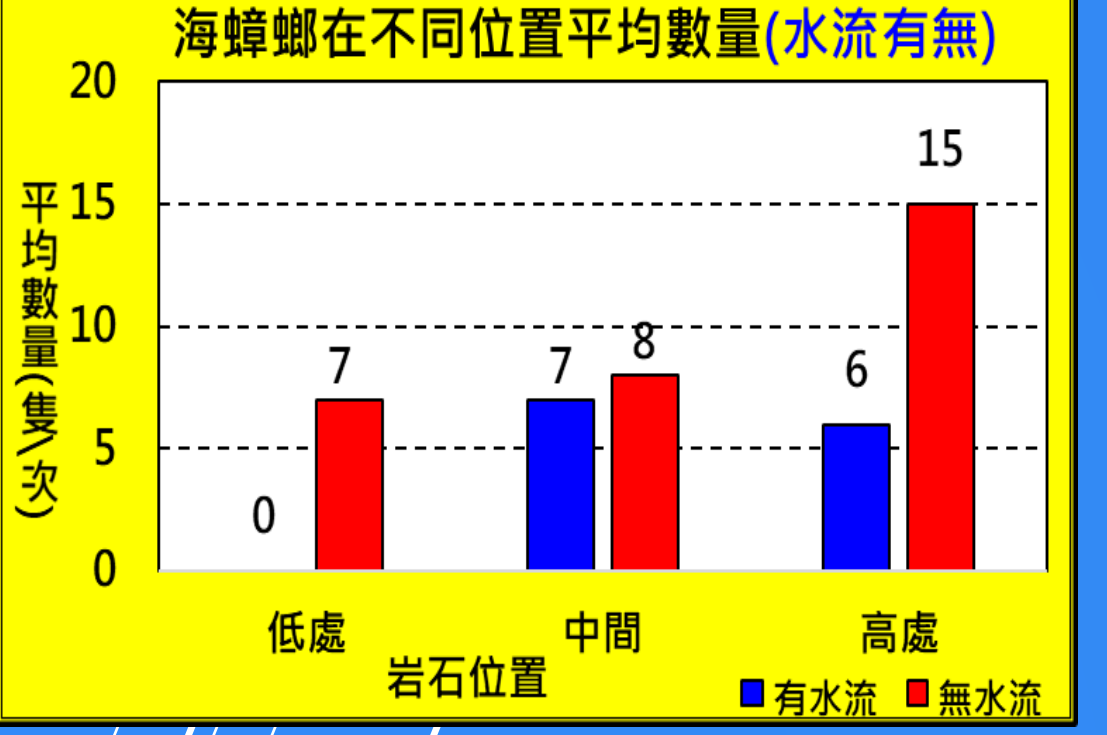
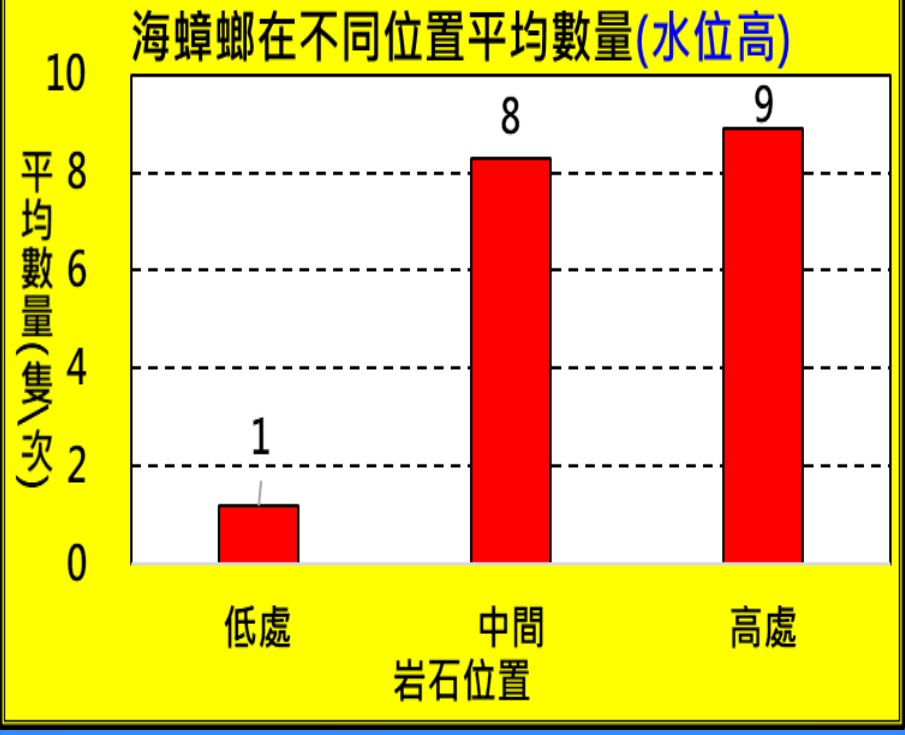
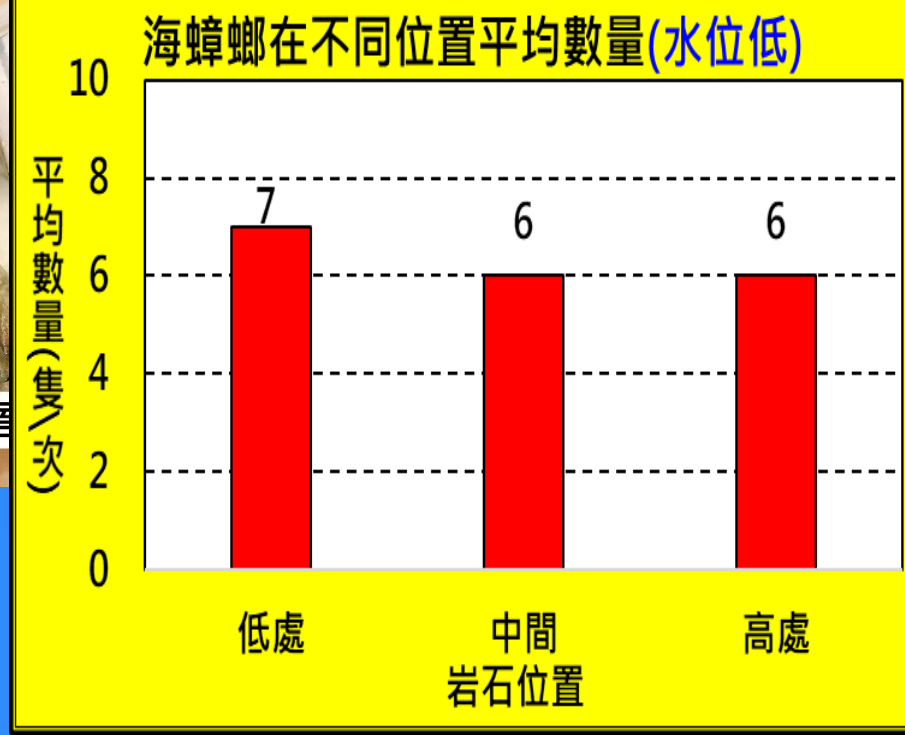
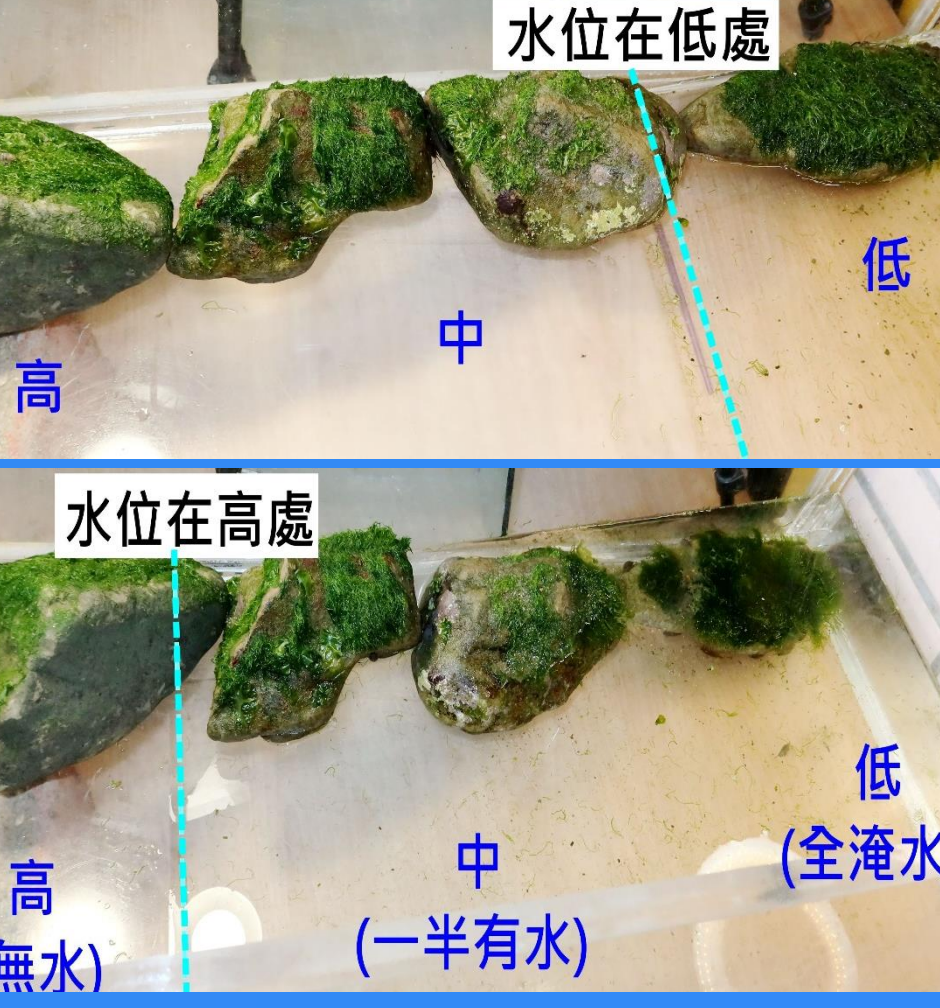
★動機：不常棲息在水中的海蟑螂，那躲藏需要在水邊嗎？



結論：在沒有海浪衝擊情況下，海蟑螂的棲息區域並不會離水太遠。

實驗3-4 水位改變

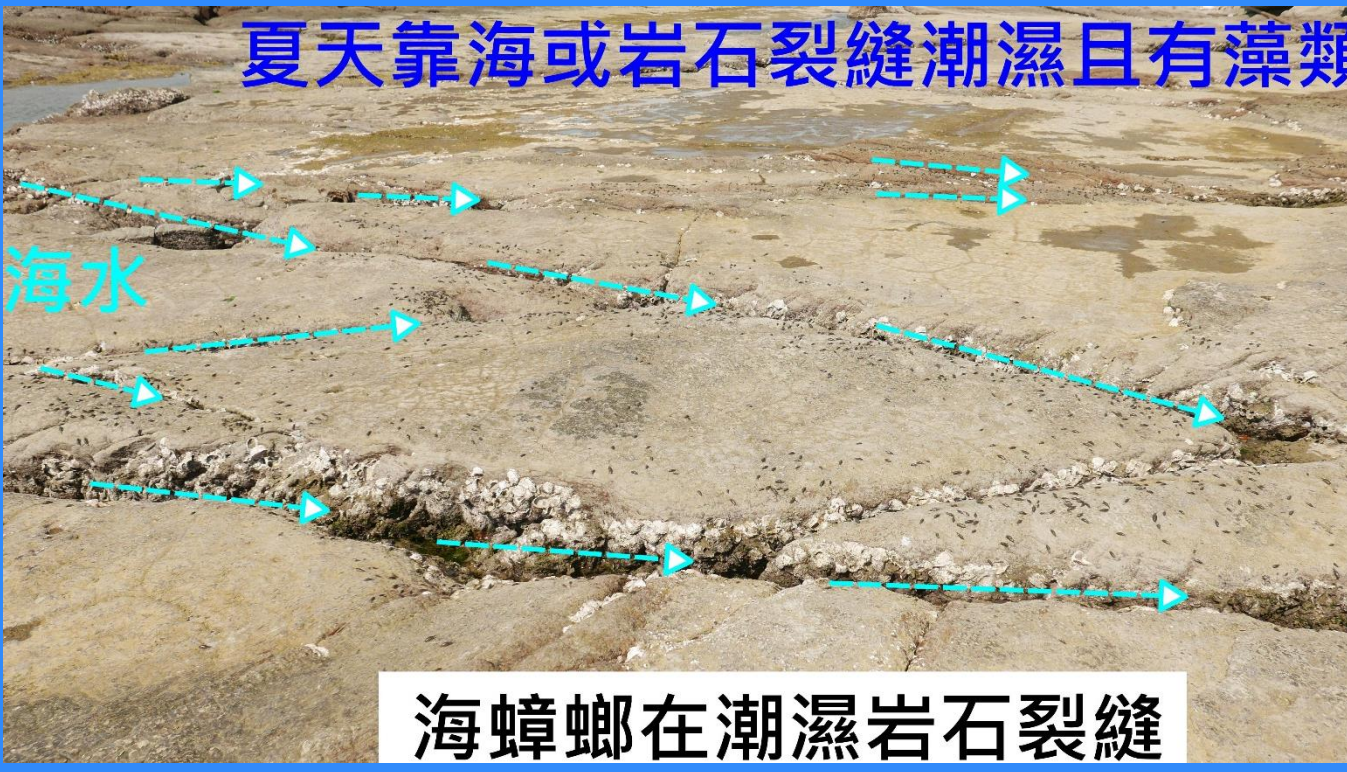
★動機：潮間帶的水位會有漲有落，當水漲起來時，原本活動的區域可能會被海水淹沒，而海蟑螂又不會長時間待在水裡面，牠們是否會因海水上漲而更換棲息位置呢？



結論：當水位升高時，海蟑螂確實會往高處移動。有水流時，海蟑螂會離開水流處，因此，在潮間帶有浪時，海蟑螂應該會移動到更高的區域，往高潮帶或甚至飛沫帶移動。

實驗3-5 野外蹤跡

★動機：潮間帶範圍極大，海水漲退也很明顯，牠們還是會跟著潮水漲退而移動嗎？很多文章或文獻都提到，冬天不容易見到海蟑螂，是否寒冬跟酷暑海蟑螂分布是不一樣的呢？還是牠們只是躲起來呢？



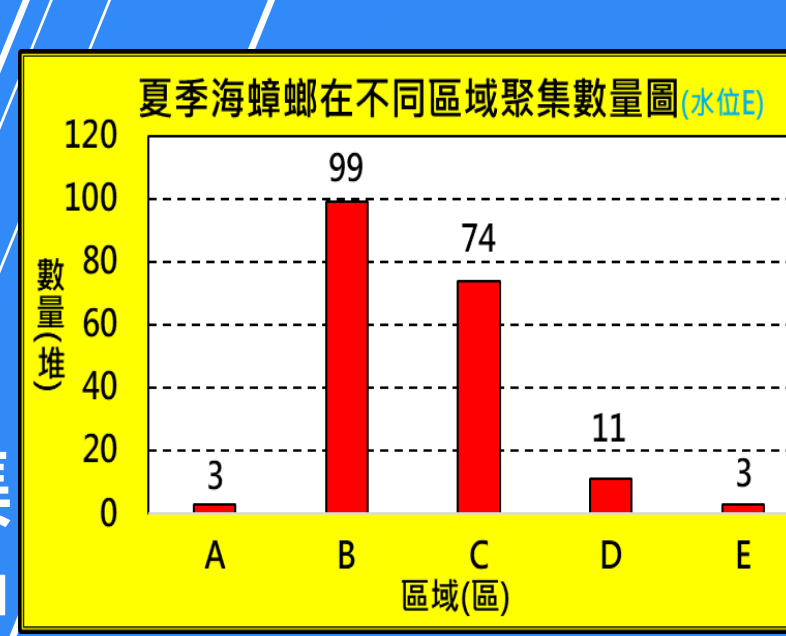
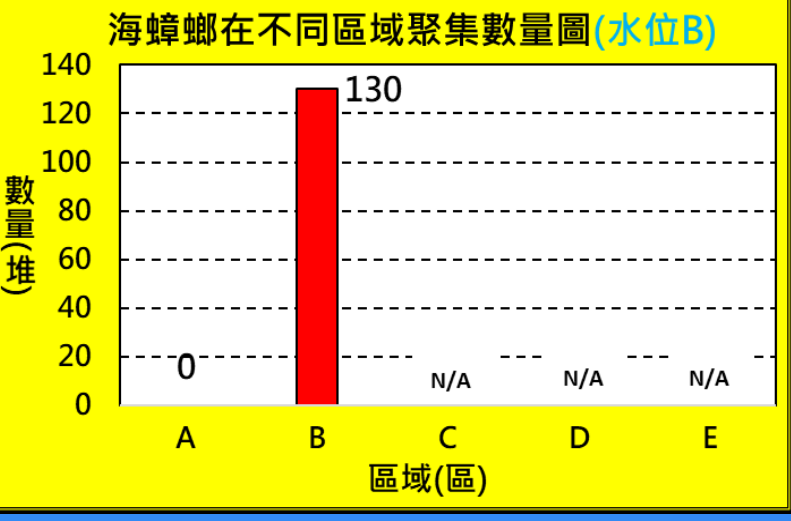
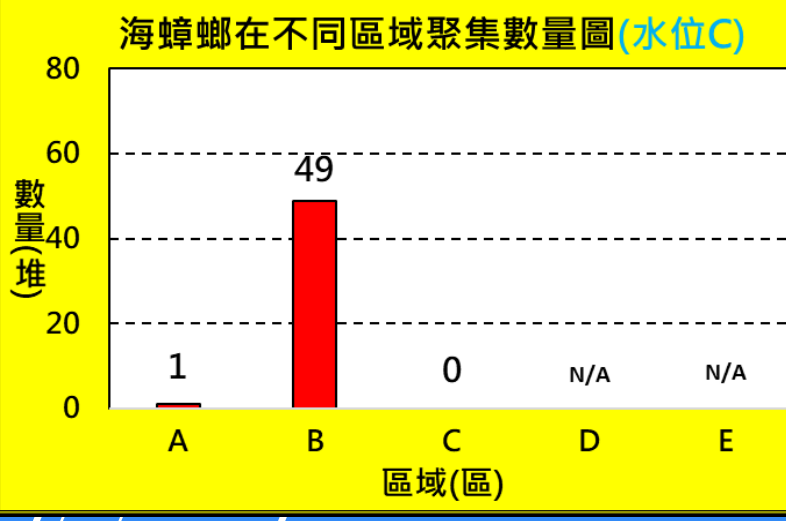
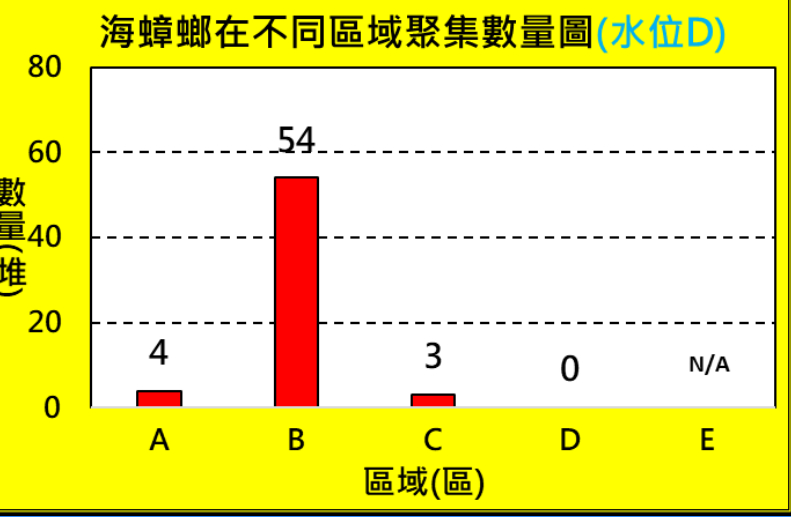
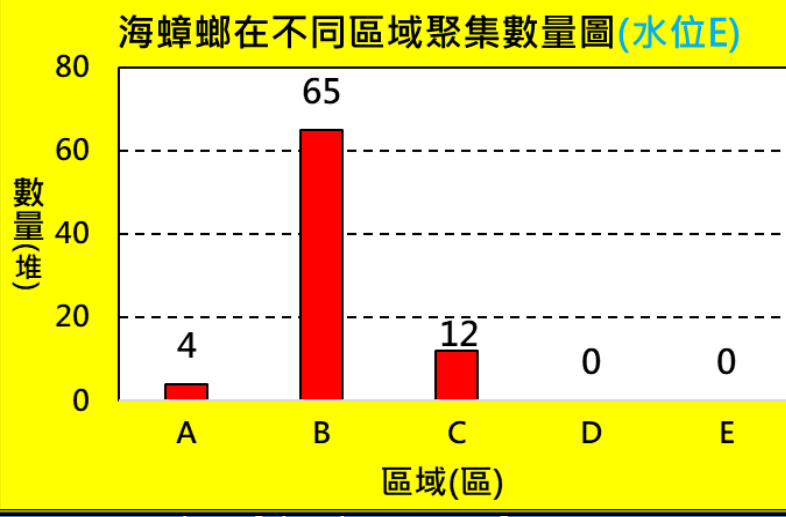
夏天岩石上綠藻被曬乾



冬天岩石上長滿綠藻



結論：1.不管水位在哪一個區域，海蟑螂聚集數量最多的，都是在中高潮帶接近飛沫帶的位置(B區)。



2.當棲息區域食物充足時(冬)，不太會有大範圍移動位置，但當棲息區域食物較少時(夏)，則會有較明顯隨漲退潮而移動的行為出現。

肆、結論：

一、奇異海蟑螂出生到成熟會退殼將近18次，約需200天，成熟體長在23mm左右。

二、特定的繁殖過程：1.雄性找到即將退殼的雌性；2.交疊(1~2天)；3.退後段殼(雌性)；4.交尾(多次)；5.雌雄分開；6.退前段殼(雌性)；7.抱卵(20天)；8.排出幼子。

三、並非潮間帶的清潔者，主要以濕軟的綠藻為食，不太會攝食乾燥及腐敗的食物，特別是周圍有濕綠藻時。

四、主要棲息在潮濕離海較遠的高潮帶，當棲息區域食物充足時(冬)，不太會有大範圍更換位置，食物較少時(夏)，則會有較明顯隨漲退潮而移動的行為出現。

※ 未來可再延續或擴充實驗：

1.奇異海蟑螂避敵機制

2.海蟑螂集體活動的研究(是為了食物、繁殖、避敵還是其他因素)

3.海蟑螂體色轉變的真實性(野外觀察與實驗室飼養，沒有發現顯著的體色轉變)

伍、參考資料及其他

一、胡俊傑等五人。1981。海蟑螂的生態探討(澎湖馬公國中)。中華民國第21屆全國科展。

二、黃坤泉等四人。1982。校園旁的海蟑螂(嘉義東石國小)。中華民國第22屆全國科展。

三、魏景新。1986。會變色的海蟑螂(台北市萬華國中)。中華民國第26屆全國科展。

四、張維宸。2013。比較台灣港口和非港口奇異海蟑螂(Ligia exotica)之族群遺傳概況。國立中山大學生物科學系研究所論文。

五、吳明澤。2019。台灣產海蟑螂形態測量分析與分子親緣。國立中興大學生命科學系研究所論文。

六、陳育賢。2001。海岸生物(一)—台灣潮間帶生物700種(一)。渡假出版社有限公司。

七、廖運志等。2015。潮汐的呼喚，探索北海岸潮間帶。交通部觀光局北海岸及觀音山國家風景區管理處。

八、施志昀·林家和·賴志威。2010。澎湖潮間帶無脊椎動物圖鑑。澎湖縣政府文化局。

九、陳揚文。2011。一個潮池的秘密。行人文化實驗室。

十、余易絃等。2024。潮間帶清道夫—奇異海蟑螂Ligia exotica之生態與行為探討。第十二屆「吳鄭秀玉女士黑潮獎助金」「海洋計畫科展類」計畫申請書。